



TESIS - TE142599

EKSPRESI WAJAH NON-HUMAN MODEL 3D BERBASIS RADIAL BASIS FUNCTION MENGGUNAKAN DATA FACIAL MOTION CAPTURE

MUHAMMAD NASRULLOH
NRP. 2212205002

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
Dr. Eko Mulyanto, ST., MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - TE142599

FACIAL EXPRESSIONS NON-HUMAN 3D MODEL BASED RADIAL BASIS FUNCTIONS USING FACIAL MOTION CAPTURE DATA

MUHAMMAD NASRULLOH
NRP. 2212205002

SUPERVISOR

Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
Dr. Eko Mulyanto, ST., MT.

**MAGISTER PROGRAM
EXPERTISE FIELD OF MULTIMEDIA INTELLIGENT NETWORK
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Muhammad Nasrulloh

NRP. 2212205002

Tanggal Ujian : 15 Juni 2015

Periode Wisuda : September 2015

Disetujui oleh:

1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
NIP.19690613 199702 1 003

(Pembimbing I)

2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.
NIP.19680601 199512 1 009

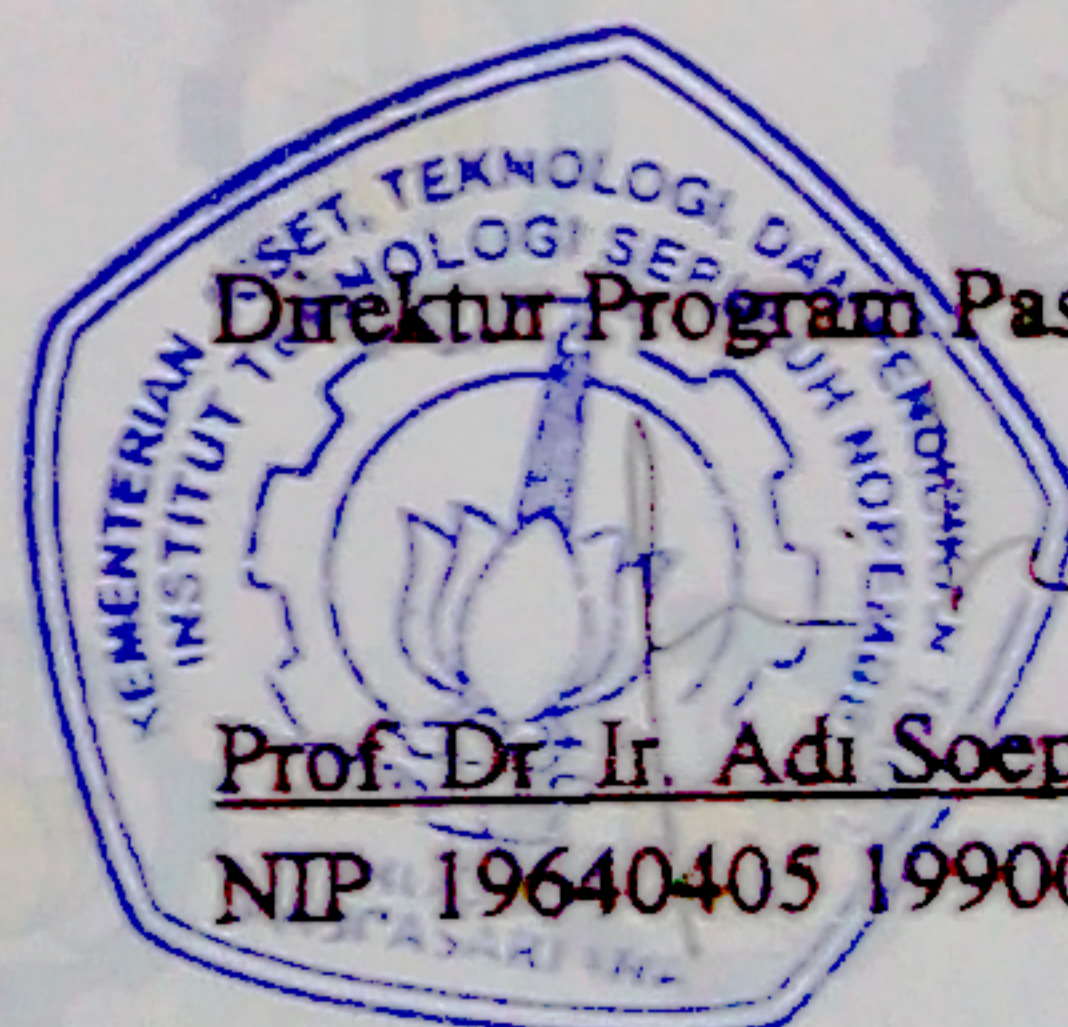
(Pembimbing II)

3. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.
NIP. 19700313 199512 1 001

(Penguji)

4. Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T.
NIP. 19690730 199512 1 001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 19640405 199002 1 001

EKSPRESI WAJAH NON-HUMAN MODEL 3D BERBASIS RADIAL BASIS FUNCTION MENGGUNAKAN DATA FACIAL MOTION CAPTURE

Nama mahasiswa : Muhammad Nasrulloh
NRP : 2212205002
Pembimbing : Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
Dr. Eko Mulyanto, ST., MT.

ABSTRAK

Perbedaan struktur wajah dari manusia dan model animasi terutama untuk karakter bukan manusia (Non-Humanoid) menjadi kendala dalam pembuatan animasi yang memerlukan penangkapan pergerakan (Motion Capture). Perbedaan ini mengakibatkan ekspresi yang dihasilkan oleh model animasi tidak sesuai dengan ekspresi yang dihasilkan manusia. Salah satu contohnya adalah perbedaan lebar bibir model peraga dan model 3D animasi.

Ketidaksesuaian ini membuat ekspresi animasi terlihat tidak realis. Pada penelitian ini digunakan model wajah 3D kucing bernama “Mipo” dengan struktur wajah yang memiliki rentang bibir kecil dan mata besar ketimbang manusia. Data sumber motion capture berisi gerakan manusia yang berekspresi senang, terkejut, marah, sedih, jijik, dan takut. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Radial Basis Functions (RBF). Berdasarkan hasil percobaan, RBF merupakan solusi fleksibel untuk membangun animasi wajah yang realis yang bergantung pada kebutuhan untuk mengendalikan bone system, blendshape weight, atau parameter lain dan dapat melatih sistem untuk keperluan animasi tertentu.

Dalam penelitian ini didapatkan ϕ adalah fungsi radial, dimana nilainya bergantung pada jarak dari file sumbernya dalam kasus ini adalah x_i . Terdapat beberapa fungsi radial yang umum digunakan, pada penelitian ini digunakan fungsi multikuadratik. Dari hasil yang didapatkan karakter model 3D dapat mengikuti gerakan dari data *motion capture*. Ekspresi yang dihasilkan dari RBF *retargeting* lebih mendekati gerakan peraga dibandingkan dengan *direct retargeting*.

Kata Kunci : Ekspresi Wajah, *Motion Capture*, *Non-Humanoid*, *Radial Basis Function Realistic*, *Weightpaint Blendshape*.

FACIAL EXPRESSIONS NON-HUMAN 3D MODEL BASED RADIAL BASIS FUNCTIONS USING FACIAL MOTION CAPTURE DATA

Student Name : Muhammad Nasrulloh
NRP : 2212205002
Supervisor : Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
Co-Supervisor : Dr. Eko Mulyanto, ST., MT.

ABSTRACT

The difference between human facial structure and animation model facial structure becomes obstacles in motion capture for animating character. This difference causes unmatched expression between human and model expression, e.g. the difference between human lip width and model lip width. This difference cause animation expression seems unrealistic.

In this research, 3D facial model (we call it “Mipo) was used with different facial structure than human facial structure. This model has low width lip and big eyes than human. Motion capture data source contains human movement to express happy, surprise, angry, sad, disgust, and fear. Radial Basis Functions (RBF) was used as method in this research. Based on experiment, RBF is a flexible solution to build realistic facial animation that depends on necessity to control bone system, blendshape weight, and other parameters. And also to train system for another animation requirement.

In this research, ϕ obtained as radial function where its value depends on length of source file in this case x_i . There many radial function, but multi quadratic function was used in this research. Result shown that 3D model character able to follow the movement from motion capture data. The expression from RBF retargeting able to show realistic expression than using direct retargeting.

Keywords : facial expression, motion capture, non-humanoid, radial basis function, realistic, weightpaint blendshape.

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya penulisan Proposal Tesis yang berjudul: **"Ekspresi Wajah Non-Human Model 3d Berbasis Radial Basis Function Menggunakan Data Facial Motion Capture "**

Dalam melakukan penyusunan proposal Tesis ini penulis telah mendapatkan banyak masukan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang sangat berguna dan bermanfaat baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, dengan besar hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya dan sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda tercinta *Masykurin Mu'thi Alm.* dan Ibu tercinta *Mukhoyyaroh*, yang telah memberikan dukungan moral dan material tanpa henti untuk melalui masa-masa perkuliahan program Magister. Do'a mereka yang memberikan kekuatan penulis untuk melalui masa-masa sulit.
2. *Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.* dan *Dr. Eko Mulyanto, ST., MT.*, pembimbing penulis, yang telah membantu meningkatkan kemampuan belajar dan tingkat kualitas pengetahuan dari penulis.
3. *Beasiswa Unggulan KLN* yang telah membebaskan penulis dari biaya perkuliahan untuk jenjang Magister.
4. Dosen Pengajar Jurusan Teknik Elektro, khususnya bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia yang telah memberikan pengetahuan baru kepada penulis.
5. Teman-teman S2 Teknologi Permainan angkatan 2012 yang telah menemani selama 2 tahun terakhir untuk berbagi ilmu dan diskusi cerdas saat bersama.
6. Dan Miw Gullato Desma, yang setia dengan sabar menemani hingga detik ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penusunan proposal Tesis ini terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari para pembaca. Penulis akan sangat menghargai kritik dan saran dari para pembaca agar dapat dilakukan perbaikan di waktu yang akan datang. Selain itu, penulis mengharapkan akan ada generasi mahasiswa lain yang melanjutkan penelitian ini agar menghasilkan penelitian yang lebih bagus lagi.

Penulis

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Kontribusi Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1 Ekspresi Wajah (Face Expression).....	9
2.2 Struktur wajah <i>Non-Human Model</i>	11
2.3 Motion Capture	12
2.4 Retargeting	13
2.5 Exaggeration.....	14
2.6 Data Ekstrapolasi.....	15
2.7 Radial Basis Functions	16

2.7.1	<i>Supervised Learning</i> dalam RBF	18
2.7.2	Radial Basis Function Networks	20
2.7.3	<i>Multiquadric</i> dalam RBF	21
BAB 3	METODE PENELITIAN	23
3.1	Metodologi Penelitian.....	23
3.2	Penjelasan Proses Penelitian.....	25
3.2.1	Modelling	25
3.2.2	<i>Capture</i> Data Gerakan.....	26
3.2.3	Retargeting	27
3.2.4	Radial Basis Function	28
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Data <i>Motion Capture</i>	31
4.2	<i>Modelling</i> Karakter.....	34
4.3	Analisis Model Karakter.....	35
4.4	<i>Rigging</i> Karakter.....	36
4.5	<i>Weightpaint</i> Manual.....	39
4.6	<i>Retargeting</i>	40
4.7	Analisis Data Acuan dan Data RBF	43
4.7.1	<i>Manual Shapekeys</i> Sebagai Data Acuan Ekspresi	44
4.7.2	<i>Retargeting</i> pada Model 3D manusia.....	46
4.7.3	Analisis Data dengan RBF	46
4.7.4	Analisis Data RBF dengan Model Peraga Berbeda	51
4.7.5	Analisis Data RBF pada Target Model 3D	55
4.8	Survey Hasil Penelitian oleh Responden.....	60
4.8.1	Data Kuisisioner untuk <i>Direct Retargeting</i>	60
4.8.2	Hasil Survey RBF Retargeting dan Animator.....	62

BAB 5	KESIMPULAN	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69
BIOGRAFI PENULIS	81

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Fungsi radial dengan $\emptyset(r)$	17
Tabel 2 Istilah setara dalam statistik dan jaringan saraf	19
Tabel 3 Data <i>Motion Capture</i> Peraga.....	27
Tabel 4 Koordinat Titik pada Wajah (t_0) Motion Capture Demo Optitrack.....	32
Tabel 5 Koordinat Titik Fitur dengan Wajah Berekspresi 1 (t_1)	33
Tabel 6 Koordinat Titik Fitur dengan Wajah Berekspresi 2 (t_1)	33
Tabel 7 Fitur Point Model 3D Target Area Mata.....	43
Tabel 8 Fitur Point Model 3D Target Area Bibir.....	43
Tabel 9 Informasi Titik Fitur Data Sumber (S_0).....	47
Tabel 10 Informasi Titik Fitur Data Target (T_0)	47
Tabel 11 Nilai Penimbang (w)	48
Tabel 12 Data Titik Fitur Sumber (Ekspresi Tertawa).....	49
Tabel 13 Data Titik Fitur Target (Ekspresi Tertawa).....	50
Tabel 14 Data Ekspresi Sumber Area Mata Kanan	53
Tabel 15 Data Ekspresi Sumber Area Mata Kiri	53
Tabel 16 Data Ekspresi Sumber Area Bibir.....	54
Tabel 17 Data Titik Fitur Sumber Kedua.....	54
Tabel 18 Retargeting RBF dengan Ekspresi Marah.....	56
Tabel 19 Pengujian Retargeting RBF dengan Ekspresi	56
Tabel 20 Data Ekspresi Target Mipo Area Mata Kanan.....	59
Tabel 21 Data Ekspresi Target Mipo Area Mata Kiri.....	59
Tabel 22 Data Ekspresi Target Mipo Area Bibir	60
Tabel 23 Data Kuisioner	63

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Ekspresi Wajah pada Manusia Normal	1
Gambar 1.2 Contoh Ekspresi Wajah Pada Animasi Yang Dibuat Berlebihan	2
Gambar 1.3 Proses <i>Direct Retargeting</i>	4
<i>Gambar 2.1 Ekspresi Wajah Manusia</i>	9
Gambar 2.2 Contoh Ekspresi Wajah pada Manusia	10
Gambar 2.3 Contoh Model Wajah Non-Humanoid	12
Gambar 2.4 Contoh Motion Capture pada Film 3D (http://www.fxguide.com/wp-content/uploads/2011/02/avatar_sagar.jpg)	12
Gambar 2.5 Proses Motion Capture [6]	13
Gambar 2.6 Contoh <i>Retargeting</i> Wajah [15]	14
Gambar 2.7 <i>Non-Exaggeration</i> dan <i>Exaggeration</i> pada Tubuh Manusia.....	15
Gambar 2.8 Contoh Grafik Data Ekstrapolasi	16
Gambar 2.9 Metode RBF terdiri di keterpusatan fungsi radial di masing-masing <i>node</i> dan interpolant mengambil <i>node</i> yang terkait dengan nilai fungsi.	17
Gambar 2.10 Model <i>Piecewise Smooth</i> RBFs	18
Gambar 2.11 Model <i>Infinite Smooth</i> RBFs.....	18
Gambar 2.12 Bentuk Tradisional dari <i>Radial Basis Function Network</i>	20
Gambar 2.13 Grafik <i>Multiquadric</i> RBF dengan bentuk parameter $c = 2$ pada unit lingkaran.....	22
Gambar 3.1 Proses <i>Direct Retargeting</i>	23
Gambar 3.2 Proses <i>Retargeting</i> dengan <i>Radial Basis Function</i>	24
Gambar 3.3 Model <i>Bone Face</i> Karakter (a) dan Model 3D Mipo	24
Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian.....	25
Gambar 3.5 Modelling Karakter "Mipo"	25
Gambar 3.6 Face Rigging Karakter "Mipo" Menggunakan <i>Weight Paint</i>	26
Gambar 3.7 Ekspresi Wajah Manusia Diam, Terkejut, Senyum, Jijik (Atas) dan Data Motion Capture (bawah).....	26
Gambar 3.8 Pemetaan langsung data Motion Capture ke dalam Bone Model "Mipo"	28

Gambar 4.1 Ekspresi <i>Motion Capture Data</i> dengan format C3D	31
Gambar 4.2 Model Karakter 3D	34
Gambar 4.3 Perbedaan Struktur Wajah Mipo dan Wajah Manusia	35
Gambar 4.4 Perbandingan Bentuk Mata Model 3D (a) dengan Model Peraga (b).....	35
Gambar 4.5 Perbandingan Bentuk Bibir Model 3D (a) dengan Model Peraga (b).....	36
Gambar 4.6 Koordinat Titik Fitur Wajah Model 3D (a), Wajah Model Peraga(b).....	36
Gambar 4.7 <i>Bone Face</i> Karakter Model 3D "Mipo"	37
Gambar 4.8 Memasangkan Posisi <i>Bone</i> pada Karakter Model 3D	37
Gambar 4.9 Contoh <i>Weightpaint</i> Otomatis dengan Posisi <i>Bone</i> Diam (a), <i>Bone</i> Bibir Bawah digeser, <i>Bone</i> " <i>L.Lower.Lips</i> " Digeser kebawah(c), <i>Bone</i> " <i>L.Upper.Lips</i> " Digeser keatas (d).	38
Gambar 4.10 Grafik Warna Gradasi <i>Weightpaint</i>	39
Gambar 4.11 <i>Weightpaint</i> pada Karakter Model 3D "Mipo"	40
Gambar 4.12 <i>Retargeting</i> dengan "Child of Constraint"	40
Gambar 4.13 <i>Retargeting bone</i> ke Titik Fitur Wajah <i>Motion Capture</i> Manusia ..	41
Gambar 4.14 Hasil <i>Direct Retargeting</i> Animasi	41
Gambar 4.15 <i>Direct Retargeting</i> dari Hasil Model Peraga yang Berbeda	42
Gambar 4.16 Plot Data Model 3D Area Mata (a) dan Area Bibir (b)	42
Gambar 4.17 Acuan Model Ekspresi Manusia dan Model Karakter 3D.....	44
Gambar 4.18 Desain Point Shapekeys pada Karakter Model 3D.....	45
Gambar 4.19 Posisi Nilai "0" pada Ekspresi Model 3D.....	45
Gambar 4.20 Posisi Nilai "1" pada Ekspresi Karakter Model 3D.....	45
Gambar 4.21 <i>Retargeting</i> Mocap Data pada Model 3D Manusia	46
Gambar 4.22 Plot Data Sumber Awal S_0 (a) dan Data Target Awal T_0 (b).....	48
Gambar 4.23 Visual Plot data Sumber dengan Target	49
Gambar 4.24 Data Titik Fitur Wajah Manusia Ekspresi Tertawa	50
Gambar 4.25 Plot Data Titik Fitur Target Ekspresi Tertawa	51
Gambar 4.26 Visual Plot data Sumber dengan Target (Senang)	51
Gambar 4.27 Pengujian Pada Model Peraga Berbeda.....	52
Gambar 4.28 Plot Data Fitur Point Peraga Kedua Area Mata (a) dan Area Bibir (b)	52
Gambar 4.29 Grafik Perpindahan Titik Fitur Sumber	55

Gambar 4.30 Plot Data Mipo Area Mata (a) dan Area Bibir (b)	55
Gambar 4.31 Grafik Perpindahan Fitur Point Ekspresi Model 3D Mipo	58
Gambar 4.32 Data Kuisisioner <i>Direct Retargeting</i> Ekspresi Terkejut	60
Gambar 4.33 Data Kuisisioner <i>Direct Retargeting</i> Ekspresi Tersenyum.....	61
Gambar 4.34 Data Kuisisioner <i>Direct Retargeting</i> Ekspresi Takut	61
Gambar 4.35 Data Kuisisioner <i>Direct Retargeting</i> Ekspresi Marah	61
Gambar 4.36 Data Kuisisioner <i>Direct Retargeting</i> Ekspresi Jijik.....	62
Gambar 4.37 Data Kuisisioner <i>Direct Retargeting</i> Ekspresi Sedih.....	62
Gambar 4.38 Grafik Hasil Kuisisioner	63
Gambar 4.39 Data Keseluruhan Hasil Kuisisioner	64

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wajah memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia terutama dalam menunjukkan emosi dari setiap individu. Dalam film ataupun dalam dunia permainan wajah berguna dalam penekanan emosi setiap karakter yang diperankan. Sebagai contoh adalah karakter animasi yang kini semakin populer dalam dunia perfilman, baik itu animasi 2D maupun animasi 3D. Wajah berperan penting karena memiliki ekspresi yang dapat menekankan setiap emosi hanya dengan mengubah raut atau otot-otot dalam wajah.

Ekspresi wajah atau mimik adalah hasil dari satu atau lebih gerakan atau posisi otot pada wajah. Ekspresi wajah merupakan salah satu bentuk komunikasi nonverbal dan dapat menyampaikan keadaan emosi dari seseorang kepada orang yang mengamatinya. Ekspresi wajah merupakan salah satu cara penting dalam menyampaikan pesan sosial dalam kehidupan manusia, namun juga terjadi pada mamalia lain dan beberapa spesies hewan lainnya. Contoh ekspresi wajah pada manusia dapat disajikan dengan Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Contoh Ekspresi Wajah pada Manusia Normal

Animasi dengan menggunakan ekspresi wajah saat ini sangat sering digunakan agar terlihat lebih natural seperti halnya ekspresi sebenarnya. Ekspresi yang dibuat seperti ekspresi sebenarnya, sebagai contoh ekspresi senyum, marah, takut, dan sebagainya. Namun, ekspresi ini juga bisa dibuat berlebihan seperti ekspresi karikatur yang biasanya dibuat tidak sesuai dengan proporsi wajah sebenarnya. Model ekspresi seperti ini biasa terjadi dalam sebuah film animasi. Hal ini dilakukan agar karakter yang dibuat memiliki emosi yang lebih terasa meskipun tidak pada proporsi seharusnya. Ekspresi seperti ini sering terjadi pada film animasi 2D atau 3D terlebih pada *non-human character* (karakter bukan manusia) dan dibuat agar terlihat lebih ekspresif seperti ekspresi marah yang terlihat semakin marah, bingung terlihat semakin bingung, atau bahkan hanya sekedar menunjukkan ekspresi lucu agar terlihat lebih kocak dalam ekspresi yang diperankan. Contoh gambar ekspresi yang dibuat berlebihan dapat disajikan melalui Gambar 1.2.

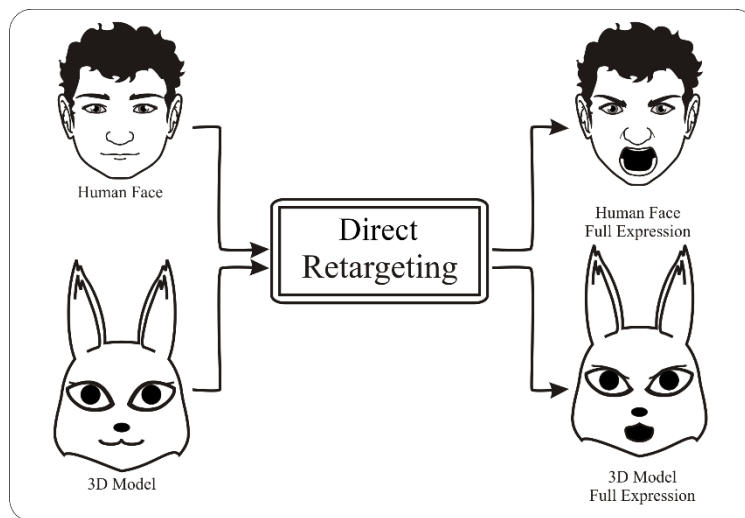


Gambar 1.2 Contoh Ekspresi Wajah Pada Animasi Yang Dibuat Berlebihan

Proses pembuatan animasi saat ini juga mengalami banyak perubahan seiring dengan perkembangan teknologi. Sebagai contoh teknologi yang saat ini dapat lebih dikembangkan lebih lanjut adalah teknologi *Motion Capture*. Teknologi ini digunakan para pembuat film agar mempermudah dalam pembuatan film, terutama film animasi 3D. Penelitian atau pembuatan karakter animasi dengan *Motion Capture* telah dilakukan hampir setiap tahun dengan berbagai macam metode dasarnya. Seperti model *marker* yang menggunakan teknik penanda pada

model yang akan direkam dan model *markerless* yang saat ini telah banyak dikembangkan dalam industri game terutama sebagai *controller* [1].

Facial Motion Capture adalah sebagian dari proses penangkapan visual nyata (model manusia) yang akan dikonversikan kedalam karakter animasi khusus pada area wajah[3]. *Facial Motion Capture* juga dapat dilakukan dengan menggunakan model *Marker* atau *Markerless*. Berdasarkan pemaparan di atas kemungkinan penerapan *Facial expression* dengan menggunakan *Facial Motion Caputre* dapat diterapkan melalui metode *Exaggeration*. *Facial Motion Capture* melalui metode *exaggeration* yaitu membuat karakter animasi memiliki proporsi ekspresi wajah yang berlebihan[2] agar ekspresi pada karakter *Non-Human* bisa menyesuaikan ekspresi pada manusia, karakter 3D pada penelitian ini diberi nama ini “MIPO”. Proporsi wajah asli dari model akan berubah dan berbeda dengan ekspresi wajah pada karakter MIPO karena hasil konversi dari model akan dibuat tidak proporsional, namun masih dalam taraf bisa diidentifikasi jenis ekspresi yang dikeluarkan. Dikarenakan struktur bentuk wajah pada karakter MIPO sangat berbeda jauh dengan struktur wajah manusia normal atau bentuk wajah yang dihasilkan oleh *Motion Capture Data* sangat berbeda dengan struktur wajah pada karakter MIPO maka data hasil motion capture dipasangkan ke dalam model karakter 3D, proses ini biasa disebut *retargeting*. Permasalahan yang dialami pada saat *retargeting* dengan proses *direct retargeting* adalah perbedaan struktur wajah dari manusia yang menjadi sumber motion capture dan model karakter yang menjadi target animasi. Hal ini disebabkan ukuran salah satu atau beberapa bagian wajah dari model karakter 3D yang sangat berbeda dari wajah manusia sehingga ekspresi yang dihasilkan oleh model karakter 3D terlihat tidak realistis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Oleh karena itu dibutuhkan metode lain yang digunakan sebagai metode pemetaan dari titik fitur dengan penanda *motion capture data*.



Gambar 1.3 Proses *Direct Retargeting*

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Radial Basis Functions (RBF) untuk melakukan retargeting wajah berdasarkan data fitur wajah sumber (titik fitur dan penanda motion capture) dan memetakan data tersebut menggunakan interpolasi radial basis function ke dalam pembobot blendshape target. Proses pemetaan ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara titik sumber data motion capture dengan titik point pada model 3D sehingga tercipta gerakan wajah yang realistis pada model 3D tanpa memperdulikan ukuran dan struktur dari wajah model 3D selama titik fitur model telah terpetakan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagian penting dari sebuah wajah adalah ekspresi wajah itu sendiri agar dapat mewakili setiap pesan yang ingin disampaikan. Emosi wajah akan lebih terlihat jika ekspresi pada karakter Mipo dapat mengikuti ekspresi dari model motion capture manusia. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menggunakan teknik *Motion Capture* sebagai teknik penangkapan gerak model yang akan dikonversikan pada karakter animasi “MIPO”.
2. Bagaimana menggunakan metode *Radial Basis Function* untuk *face exaggeration* agar dapat menghasilkan ekspresi yang mengikuti gerakan

peraga pada karakter animasi “MIPO” dengan menggunakan Motion Capture Data dari wajah manusia.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan studi teknik *Motion Capture* sebagai teknik penangkapan gerak model yang akan dikonversikan pada karakter animasi “MIPO”. Dan penggunaan metode *Radial Basis Function* untuk *face exaggeration* agar dapat menghasilkan ekspresi yang dapat mengikuti pergerakan model peraga pada karakter animasi “MIPO” dengan menggunakan *Motion Capture* Data dari wajah manusia.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah *face exaggeration* dengan metode *Radial Basis Function* diharapkan dapat digunakan sebagai metode dalam pembuatan animasi karakter MIPO dengan menggunakan *facial Motion Capture* dan mendapatkan hasil karakter animasi yang mengikuti gerakan peraga.

1.5 Kontribusi Penelitian

Pada penelitian ini, metode *Radial Basis Function* diterapkan pada *motion capture data* yang sudah ada dan telah diretargetkan pada karakter *Non-Human* untuk mendapatkan gerakan dan ekspresi pada wajah karakter yang lebih natural. Diharapkan hasil penelitian dalam bentuk pengujian metode dari *Motion Capture Data* kedalam karakter *Non-Human* dapat dijadikan penelitian berkelanjutan dalam mengerjakan sebuah animasi terutama pada animasi 3D. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan pembandingan pada penelitian dibidang animasi lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan buku tesis ini terbagi menjadi 5 bab yaitu Pendahuluan, Kajian Pustaka dan Dasar Teori, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, dan Kesimpulan. Penjelasan singkat mengenai masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian, permasalahan pada penelitian yang menjadi dasar pengambilan keputusan penelitian, perumusan masalah dari topik penelitian, serta tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan. Dijelaskan pula metodologi penelitian yang digunakan serta sistematika laporan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari Kajian Pustaka yang berisi referensi-referensi dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini meliputi metode, formula, dan teknik pemrosesan data serta Dasar Teori yang menjelaskan tentang pemahaman dasar dari penelitian ini. Pembahasan pada penelitian ini meliputi topik yang menjadi permasalahan dan metode yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas proses retargeting pada model 3D dengan model motion capture data dengan melakukan proses direct retargeting dan retargeting dengan mengacu metode lain. Implementasi teori-teori pada bab 2 akan dijelaskan pada bab ini disertai dengan perancangan model meliputi modeling karakter, batasan, dan formula fungsi obyektif. Pencapaian penelitian akan dijelaskan lebih mendalam pada bab ini.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil dari penelitian yang dilakukan mulai dari percobaan dengan menentukan point fitur, modifikasi koordinat titik fitur sumber, hingga modifikasi fungsi obyektif, disertai dengan pembahasan hasil akhir yang diperoleh dari penelitian tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian meliputi parameter, formula, dan hasil. Bab ini juga diberikan sub bab saran yang berisi hal-hal yang bisa dikembangkan untuk melanjutkan penelitian ini.

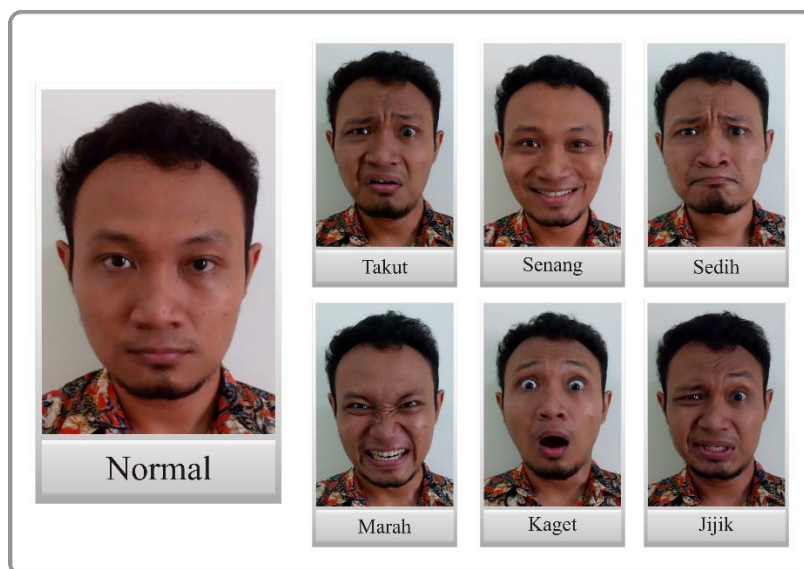
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Ekspresi Wajah (Face Expression)

Ekspresi wajah terdiri dari beberapa otot wajah yang dapat berubah sesuai dengan emosi yang sedang dialami. Otot-otot wajah ini dapat mengubah ekspresi dengan fungsi agar lebih komunikatif terhadap emosional setiap individu. Ekspresi wajah ini melibatkan perubahan koordinasi otot-otot wajah sehingga mendapatkan pola wajah baru [7]. Ekspresi wajah ditimbulkan dengan penyusutan otot wajah yang menghasilkan pada perubahan bentuk fitur wajah seperti kelopak mata, alis mata, hidung dan bibir. Manusia memiliki sifat dan dapat berfikir untuk mengungkapkan sebuah emosi atau ekspresi. Sebuah ekspresi juga dapat di keluarkan dari seluruh bagian tubuh manusia. Bahkan tubuh manusia juga bisa mewakili sebuah kondisi emosional seseorang ekspresi yang muncul dari gerakan tubuh tersebut dapat diartikan sebagai bahasa tubuh Allan dan Barbarra Pease (2004) [8]. Untuk dapat lebih mengetahui ekspresi seseorang dapat dilihat dari ekspresi wajah yang sedang dikeluarkan seperti ekspresi senang, terkejut, marah, sedih, jijik, dan takut [10] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Ekspresi Wajah Manusia

Pergerakan otot yang sama atau perubahan bentuk fitur wajah yang berbeda dapat disusun pada model ekspresi yang sama dan proses ini disebut pengenalan ekspresi wajah. Ekspresi gambar wajah menunjukkan bentuk atau ragam posisi fitur wajah antara citra dan citra yang berhubungan pada ekspresi normal. Oleh karena itu, kebanyakan metode pengenalan ekspresi wajah tergantung pada deretan citra atau tangkapan video yang termasuk gambar wajah dengan ragam ekspresi dan citra pada ekspresi normal sebagai referensi. Ekspresi wajah dapat diilustrasikan melalui Gambar



Gambar 2.2 Contoh Ekspresi Wajah pada Manusia

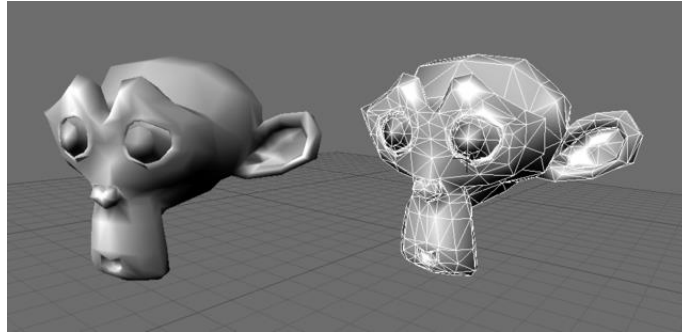
Wajah manusia banyak terlibat dalam berbagai macam situasi yang berbeda. Dalam sebuah wajah memiliki alat yang dapat memproduksi sebuah ungkapan melalui mata, hidung dan bibir. Selain fungsi biologis, wajah manusia menyediakan sejumlah sinyal sosial yang penting bagi kehidupan. Wajah berperan penting bagi manusia, sebagai media untuk mengidentifikasi seseorang, sebagai daya tarik, dan isyarat komunikasi wajah, peran penting ini adalah sebuah Ekspresi wajah. Ucapan dan

ungkapan manusia disertai dengan ekspresi wajah yang tepat dan dapat menjelaskan apa yang sedang ingin di ungkapkan, seperti ekspresi lucu, atau sedang serius. Ekspresi wajah menjadi salah satu fokus utama, penyesuaian dialog, pemahaman sinyal antar muka, secara singkat ekspresi wajah dapat mengatur interaksi manusia dengan lingkungan serta orang-orang disekitarnya.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Professor Albert Mehrabian [9], menunjukkan hasil yang lebih akurat dan lebih rinci dengan beberapa prosentase sebagai berikut, hasil yang diperoleh adalah 7% menunjukkan bahwa pesan yang berkaitan dengan perasaan dan sikap ada pada kata-kata yang diucapkan, 38% pesan yang berkaitan dengan perasaan dan sikap adalah Paralinguistik (sebuah pesan hanya bias diucapkan), dan prosentase terbesar yaitu 55% yang menunjukkan bahwa pesan yang berkaitan dengan perasaan dan sikap adalah dilihat dari Ekspresi Wajah.[11]. Ekspresi wajah yang disertai dengan pengalaman emosional sebenarnya akan memiliki sinyal yang lebih lancar, emosi ini secara tidak disadari berperan seperti halnya sebuah perangkat yang pada suatu saat berjalan diluar kendali seseorang tanpa harus dikendalikan karena berjalan secara alami[12].

2.2 Struktur wajah *Non-Human Model*

Penggunaan karakter bukan manusia pada umumnya membutuhkan ketelitian lebih. Pada bidang animasi saat ini sangat populer dalam dunia perfilman, berbagai karakter bermunculan agar tidak terkesan monoton dengan hanya menampilkan satu jenis karakter. Sebagai contoh dibuat karakter *nonhuman* seperti monster, hewan, dan karakter fantasy lain seperti peri dan makhluk luar angkasa. Karakter yang dimaksudkan adalah karakter yang memiliki struktur wajah yang berbeda dengan manusia normal. Dapat dikatakan berbeda misalkan memiliki bentuk mata yang besar, bibir yang kecil, dan tidak sesuai dengan proporsi manusia. Struktur tulang yang dimiliki juga memiliki perbedaan antara model *nonhuman* dan manusia normal. Oleh karena itu model 3D animasi yang tidak mirip dengan manusia atau memiliki struktur wajah yang berbeda dengan manusia dikategorikan sebagai karakter *nonhuman*. Contoh model wajah non-humanoid ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh Model Wajah Non-Humanoid

2.3 Motion Capture

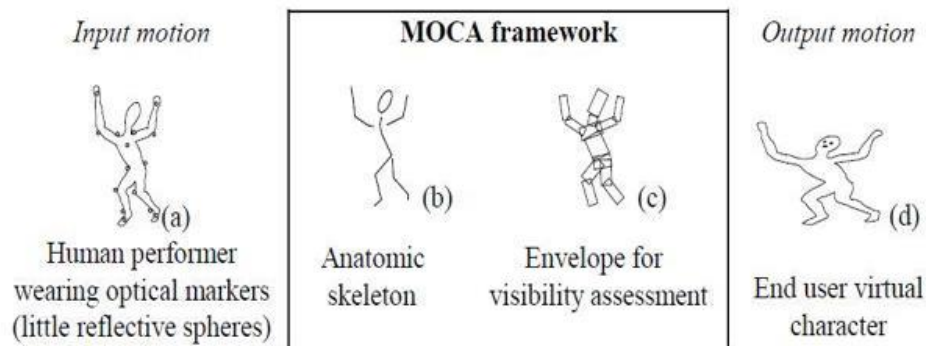
Motion capture dalam bidang animasi adalah salah satu cara yang dipakai para kreator animasi untuk mengambil gerakan yang dapat diterapkan dalam pembuatan animasi, sehingga gerakan yang didapatkan lebih alami. Penggunaan *Motion capture* sekarang sangat luas, misalnya untuk menganimasikan karakter dalam film, industri *game* dan lain-lain [1]. Penggunaan teknologi ini membutuhkan biaya yang mahal, sehingga tidak semua industri animasi dan industri *game* dapat menggunakannya. *Motion capture* dengan menggunakan marker aktif yang ada saat ini membutuhkan perangkat dan pakaian khusus yang dipakai oleh aktor yang mengakibatkan aktor sulit untuk melakukan gerakan yang kompleks, akibatnya ada bagian *marker* yang terlepas atau tidak tertangkap oleh kamera sehingga mempengaruhi hasil *capture* nya. Gambar 2.4 menunjukkan contoh motion capture pada film Avatar.



Gambar 2.4 Contoh Motion Capture pada Film 3D (http://www.fxguide.com/wp-content/uploads/2011/02/avatar_sagar.jpg)

Motion capture dapat membuat proses animasi lebih mudah, terutama ketika mencoba untuk menciptakan karakter animasi yang realistis, seperti interaksi dari beberapa karakter 3D, atau ketika karakter terlibat dalam aktifitas tertentu. Animasi sederhana, seperti karakter yang sedang berdiri tanpa melakukan hal akan jauh lebih mudah dan realistis ketika menggunakan *Motion Capture* daripada animasi manual. Motion capture dapat menangkap sebuah objek misalnya manusia yang dapat menentukan karakter dalam sebuah game.

Metodologi dalam motion capture berdasarkan pada model anatomi manusia. Model ini bergantung pada pergerakan rangka yang akan dilihat pergerakannya. Dalam motion capture, pergerakan anggota tubuh model manusia merupakan hal umum yang digunakan, namun tidak halnya dengan wajah, dimana wajah memiliki spesifikasi dalam hal rangka atau penulangan dan ekspresinya[6]. Proses dalam motion capture dapat diilustrasikan melalui gambar dibawah ini :

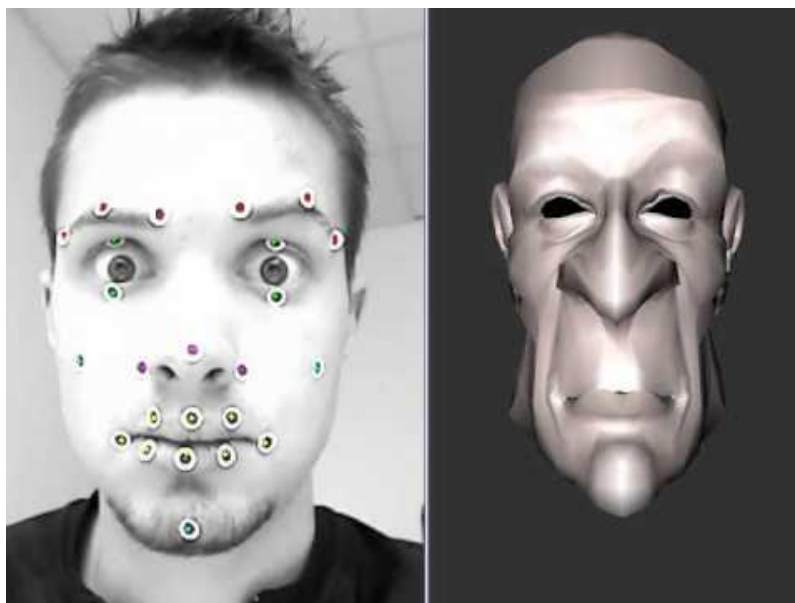


Gambar 2.5 Proses Motion Capture [6]

2.4 Retargeting

Retargeting adalah proses di mana animator menyesuaikan parameter rig target berdasarkan data kinerja ditangkap. Untuk melakukan hal ini kita harus menemukan hubungan antara parameter ini. Sebagai fungsi hubungan ini tidak sepele animator menggunakan skema interpolasi atau perkiraan berdasarkan sampel sumber dan target konfigurasi, dimana sampel tidak ditempatkan secara merata tetapi di konfigurasi intuitif Umenhoffer and toth, (2012) [18].

Menurut Chai, Xiao, & Hodgins, (2003) [16] teknik *retargeting* mengusung ide penggunaan ulang animasi karakter yang serupa, sehingga dapat memperingan kerja animator. Teknik ini disajikan dengan menarik dan menggunakan data gerakan 2D berbasis visual berkualitas rendah untuk menganimasikan wajah dengan data perhitungan 3D motion capture wajah berkualitas baik. Noh & Neumann (2001) [17] menggunakan teori Radial Basis Functions (RBF) yang dikemukakan oleh Powell (1987) untuk mengadaptasi vektor gerak sebuah mesh ke yang lainnya. Gambar 5 menunjukkan proses *retargeting* wajah ke dalam animasi.

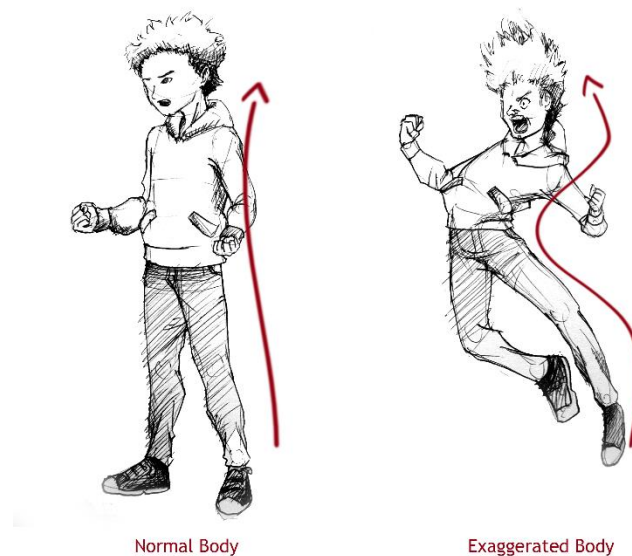


Gambar 2.6 Contoh *Retargeting* Wajah [15]

2.5 Exaggeration

Definisi *Exaggeration* dalam hal ini berarti membesar-besarkan. *Exaggeration* dalam Weld (1990) [4] didefinisikan sebagai suatu teknik untuk menyelesaikan masalah analisis komparasi dengan mempertimbangkan gangguan secara ekstrim dalam sistem dimana dalam animasi dapat dikategorikan dari merubah objek secara berlebihan. Dalam sebuah animasi, teknik *exaggeration* sering dipakai agar karakter yang digambarkan dapat memberikan kesan lebih ekspresif dan dapat memperlihatkan emosi yang lebih jelas. Dalam penggunaan *exaggeration* sering terlihat dalam animasi 2D atau 3D yang dapat merubah postur tubuh menjadi tidak wajar, seperti memanjangkan

tangan, membesarkan ukuran kepala, atau merubah proporsi tubuh karakter animasi menjadi tidak wajar. Karakter animasi yang mengalami proses *exaggeration* dapat diilustrasikan melalui gambar 2.3



Gambar 2.7 *Non-Exaggeration* dan *Exaggeration* pada Tubuh Manusia

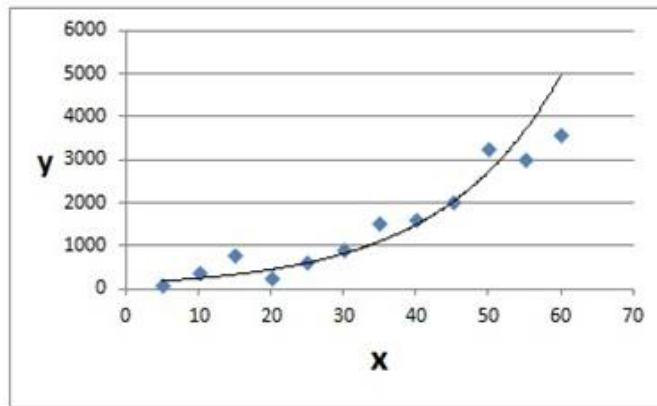
Animasi adalah *Exaggeration*. *Exaggeration* berarti animator menyaring intisari dari suatu tindakan atau karakter dan kemudian menekankan hal tersebut. Yang membuat animasi menarik dan ditonton adalah ‘Take’ animator, atau Point of View (PoV). Point of view ini adalah desain karakter, keypose, dan timing. Keseluruhan animasi harus mencerminkan *point of view*, yang lebih spesifik dan unik dalam mengambil berbagai hal. Sebagian yang menetapkan bahwa point of view adalah apa yang harus dilebih-lebihkan [5]. Penelitian tentang *Exaggeration* semakin berkembang pesat, namun teknik ini dapat dilihat seperti pemahaman karikatur yang memiliki proporsi manusia yang tidak wajar, namun karikatur hanya terfokus pada pembesaran kepala.

2.6 Data Ekstrapolasi

Ekstrapolasi adalah perkiraan data-data diluar batas data yang diamati. Persamaan yang digunakan untuk menentukan fungsi dari data numerik linier

menggunakan ekstrapolasi yaitu pada grafik 2.8 berikut. Ekstrapolasi hampir sama dengan interpolasi dimana ekstrapolasi menghasilkan suatu perkiraan nilai diantara nilai variabel yang diketahui, namun perbedaannya adalah ekstrapolasi rentan terhadap kesalahan kepastian (rancu) yang lebih tinggi dibandingkan interpolasi, dan memiliki peluang yang tinggi juga untuk menghasilkan suatu hasil yang salah.

x	y
5	67
10	376
15	786
20	245
25	625
30	900
35	1536
40	1600
45	2025
50	3245
55	3025
60	3600



Gambar 2.8 Contoh Grafik Data Ekstrapolasi

2.7 Radial Basis Functions

Rumus pada metode *Radial Basis Function* ini adalah melalui pendekatan sebagai berikut.

$$s(x) = \sum_{i \in I} y_i \varphi(|x - i|), \quad x \in R^d$$

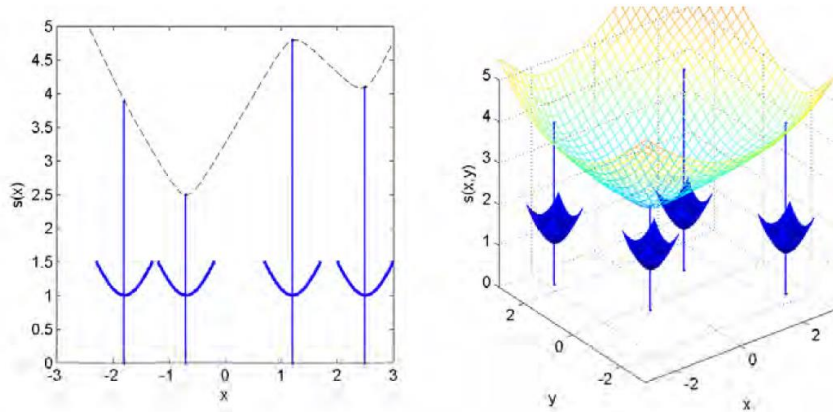
dimana pada rumus diatas terdapat $\varphi: 0, \infty) \rightarrow R$ yang memiliki *univariate* atau memiliki variasi tunggal dengan koefisien $(y_i)_{i \in I}$ dengan nilai yang sesungguhnya. Pada beberapa penelitian yang dilakukan pendekatan s sebuah kombinasi linier dari fungsi $x \rightarrow \varphi(|x|)$ yang merupakan “radial simetris” sehubungan dengan kelompok yang diberikan, dalam arti bahwa jelas memiliki unit bola symetries. Dalam pengolahan rumus akan sering berkata bahwa poin $(x_j)_{j=1}^n$ adalah pusat dari fungsi radial interpolant dasar. Selain itu, hal ini biasa merujuk kepada rumus *Radial Basis Function* jika aturan pengelompokan dapat dipahami.

Salah satu fitur yang paling menarik dari metode *Radial Basis Function* adalah fakta bahwa interpolant unik yang selalu dalam kondisi yang lebih ringan terletak di pusatnya. Dalam beberapa kasus penting, satu-satunya batasan yang dimiliki oleh metode ini adalah bahwa ada setidaknya dua pusat dan kedua titik ini memiliki perbedaan pada tiap-tiap titiknya [11].

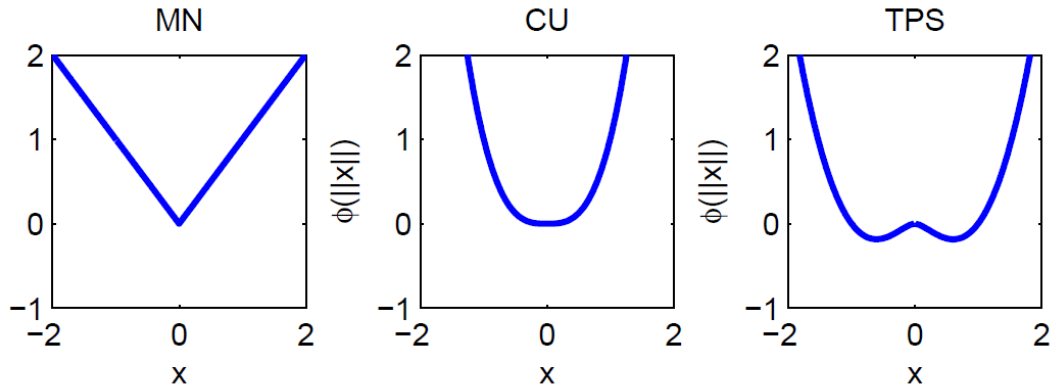
Penelitian yang pernah ada sering menggunakan *Radial basis function* dengan beberapa penambahan rumus seperti pada penelitian berikut, RBF memiliki 2 fungsi radial, yaitu *piecewise smooth* dan *infinitely smooth*. Pada penelitian ini untuk fungsi jari-jari *infinitely smooth* memiliki bentuk parameter ε . Semakin dekat parameter perhitungan dengan koordinat 0, maka metode *Radial Basis Function* yang digunakan semakin mendekati hasil yang diinginkan [11]. Pada tabel 1 dibawah ini ditunjukkan rumus RBF yang telah di dapat.

Tabel 1 Fungsi radial dengan $\phi(r)$

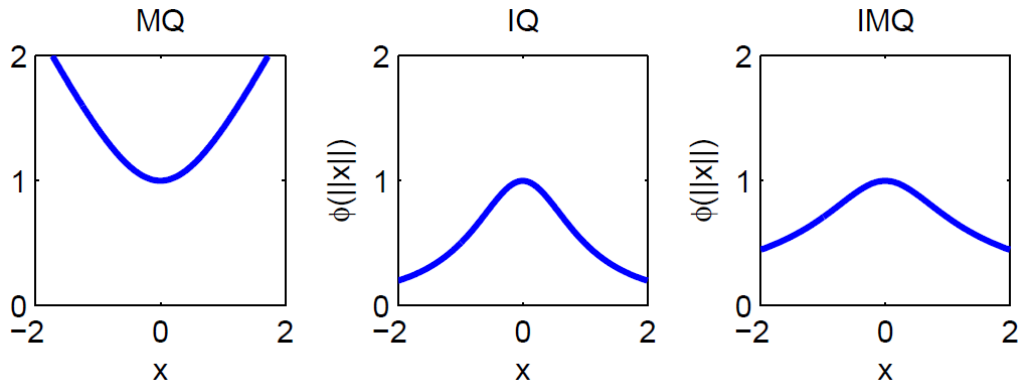
$$\begin{bmatrix} \phi(\|\underline{x}_1 - \underline{x}_1\|) & \phi(\|\underline{x}_1 - \underline{x}_2\|) & \cdots & \phi(\|\underline{x}_1 - \underline{x}_n\|) \\ \phi(\|\underline{x}_2 - \underline{x}_1\|) & \phi(\|\underline{x}_2 - \underline{x}_2\|) & & \phi(\|\underline{x}_2 - \underline{x}_n\|) \\ \vdots & & \ddots & \\ \phi(\|\underline{x}_n - \underline{x}_1\|) & \phi(\|\underline{x}_n - \underline{x}_2\|) & \cdots & \phi(\|\underline{x}_n - \underline{x}_n\|) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}$$



Gambar 2.9 Metode RBF terdiri dari keterpusatan fungsi radial di masing-masing *node* dan interpolant mengambil *node* yang terkait dengan nilai fungsi.



Gambar 2.10 Model *Piecewise Smooth* RBFs



Gambar 2.11 Model *Infinite Smooth* RBFs

RBFs yang umum digunakan seperti pada gambar diatas namun kedua RBFs diatas memiliki perbedaan, yaitu pada *Piecewise RBFs* memiliki kurva yang memiliki sudut atau tidak halus. Sedangkan, untuk RBFs yang di hasilkan oleh *Infinite Smooth* menghasilkan kurva yang jauh lebih halus.

2.7.1 *Supervised Learning* dalam RBF

Sebagai informasi lain dari penggunaan dasar RBF, untuk beberapa model linier RBF bisa digunakan dalam model linier penghitungan statistik, model linier pada RBF telah dipelajari dalam teori statistik selama sekitar 200 tahun dan teori ini berlaku untuk jaringan RBF yang hanya satu jenis tertentu dari model linier. Namun, mode untuk jaringan saraf telah dimulai pada pertengahan tahun 80an, dan telah diberi nama baru untuk konsep yang sudah akrab dengan statistik. Tabel 2 memberikan beberapa contoh. Istilah tersebut digunakan secara bergantian dalam dokumen ini

Tabel 2 Istilah setara dalam statistik dan jaringan saraf

<i>Statistics</i>	<i>Neural Networks</i>
Model	Network
Estimation	Learning
Regression	Supervised Learning
Interpolation	Generalisation
Observations	Training Set
Parameters	Synaptic Weights
Independent Variables	Input
Dependent Variables	Output
Ridge Regression	Decay

Proses pengolahan data RBF memerlukan beberapa *training* data untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Dalam melakukan *training* data terdapat beberapa masalah yang akan dialami. Masalah yang muncul pada RBF dalam pengolahan data *Neural network* adalah menebak atau memperkirakan fungsi dari beberapa contoh pasangan *input output* dengan sedikit atau tanpa mengetahui fungsi dasar rumus yang dipakai. Dalam bahasa *Neural Network* masalah ini disebut *Supervised Learning*. Fungsi ini ditraining dari contoh-contoh yang diambil dari *Teacher Supplies*. Training Set ini mengandung unsur yang terdiri dari nilai-nilai yang dipasangkan dari input independen variabel dan bergantung pada output variabel. Sebagai contoh variabel independen dalam fungsional $y = f(x)$ dimana $x(\text{vector})$ dan *dependent variable* adalah y (*Scalar*). Nilai variabel y tergantung melalui fungsi f pada masing-masing komponen dari variabel vector

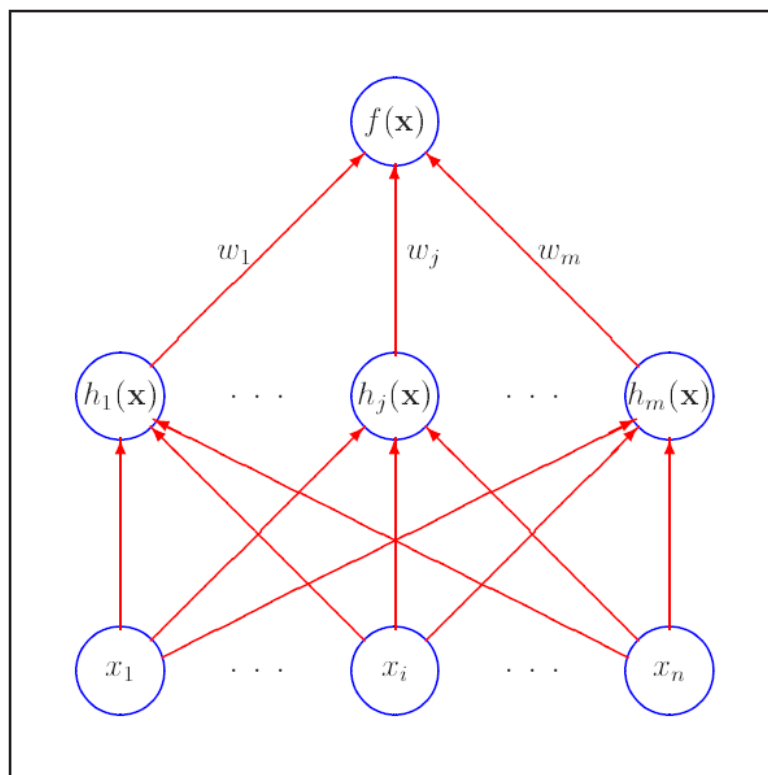
$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}$$

dalam penulisan rumus ini digunakan huruf kecil tebal untuk vektor dan huruf kecil miring untuk skalar termasuk fungsi nilai skalar seperti f . Kasus umum di mana kedua variabel independen dan dependen adalah vektor. Hal ini lebih bersifat matematis namun lebih memerlukan pengawasan yang lebih untuk kasus khususnya untuk output

univariate, jadi untuk lebih sederhana diberikan batasan. Namun perlu dicatat bahwa beberapa *output* dapat diatasi dengan cara khusus untuk mengurangi redundansi. [11]

2.7.2 Radial Basis Function Networks

Secara sederhana Fungsi Radial adalah sekelompok beberapa fungsi. Pada prinsipnya fungsi radial dapat dipakai dalam segala macam model (linear atau nonlinear) dan pada beberapa jaringan singlelayer atau multilayer. Dan pada 1988 seminar paper oleh Broomhead dan Lowe's, *Radial Basis Function Network* (RBF Network) secara tradisional dikaitkan dengan fungsi radial dalam *singlelayer network* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Bentuk Tradisional dari *Radial Basis Function Network*

Setiap komponen n dari vektor input \mathbf{x} mengarah ke depan menuju fungsi dasar m yang output liniernya dikombinasikan dengan bobot $\{w_j\}_j^m = 1$ ke *network output* $f(\mathbf{x})$. Dalam kasus ini RBF Network menjadi *nonlinier* jika fungsi dasar dapat memindahkan atau mengubah ukuran, atau dapat juga menjadi *nonlinier* jika ada lebih

dari lapisan yang tersembunyi. Untuk permasalahan ini difokuskan pada jaringan *singlelayer* dengan fungsi tetap dalam posisi dan ukurannya [13].

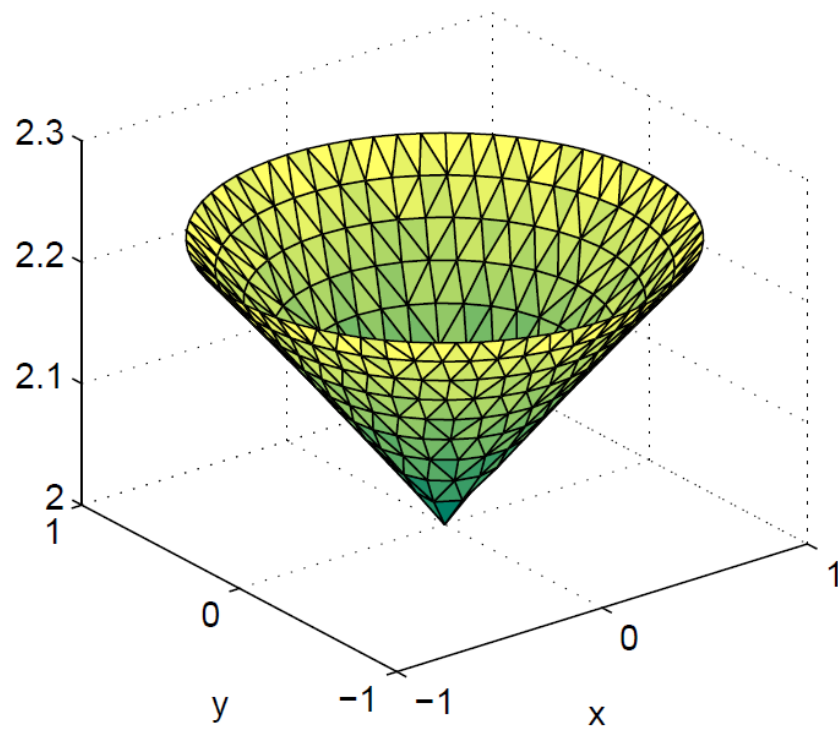
2.7.3 *Multiquadric dalam RBF*

Metode Multiquadric Radial Basis Function interpolasi dikembangkan pada tahun 1968 oleh Iowa State University, Geodesist Roland Hardy yang menjelaskan dan memberi nama metode dalam makalah yang diterbitkan pada tahun 1971. Penemuan Hardy didorong oleh masalah dari kartografi yang digambarkan sebagai “sesuatu yang memberikan satu rangkaian data diskrit pada permukaan topografi, dan mengurangnya menjadi fungsi yang berkelanjutan yang merepresentasikan permukaan topografi”.

Usaha awal untuk mengatasi masalah tersebut adalah terkait dengan menggunakan metode interpolation trigonometri dan aljabar, dari kedua metode tersebut yang didapat kurang baik. Hal ini tidak mengherankan karena telah dikenal sejak pertengahan tahun 1950an bahwa interpolation di lebih dari satu dimensi dengan fungsi dasar ψ_j yang independen dari lokasi data ini bukan suatu masalah utama. terdapat jumlah yang tak terbatas dari data lokasi yang mengarah kepada masalah dengan tidak menemukan solusi yang tepat. Hardy melewati masalah ini dengan sebuah pendekatan baru di mana interpolant linier ini dibuat dari kombinasi dari satu fungsi dasar yang simetris dengan radial pusat $x \in R^d$, dan beberapa argumen lain yang menyatakan $r = ||x||_2$, adalah bergantung pada lokasi simpul. Fungsi dasar yang digunakan oleh hardy quadric saat ini adalah sebagai berikut.

$$\phi(r; c) = \sqrt{c^2 + r^2}$$

Di mana c adalah sebuah parameter shape yang mempengaruhi bentuk permukaan. Rumus tersebut dinamakan multiquadric atau MQ RBF. Plot dari MQ RBF ditunjukkan pada gambar 2.13. Dalam gambar menunjukkan simetri radial dari fungsi dasar. Hardy mengkaji perkembangan metode MQ RBF selama periode waktu untuk 1968 sampai tahun 1988 [14].



Gambar 2.13 Grafik *Multiquadric* RBF dengan bentuk parameter $c = 2$ pada unit lingkaran

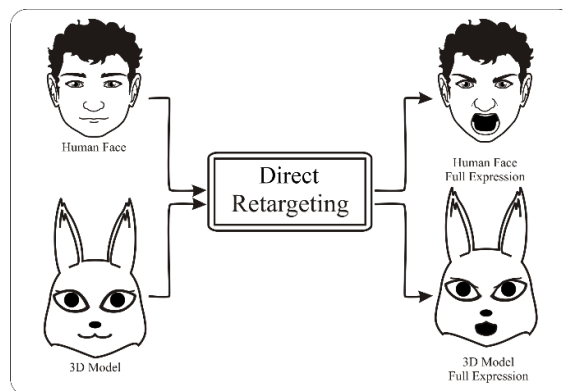
BAB 3

METODE PENELITIAN

Penjelasan pada Bab ini adalah mengenai tahapan-tahapan penelitian untuk mendapatkan hasil dan tujuan dari penelitian. Pada Sub bab pertama yakni lingkup penjelasan dari penelitian yang dilakukan. Sub bab kedua yakni memaparkan proses modeling dan program yang digunakan dalam penelitian ini. Sub bab ketiga yakni menjelaskan tentang metode pendekatan yang diajukan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian yang dilakukan ini.

3.1 Metodologi Penelitian

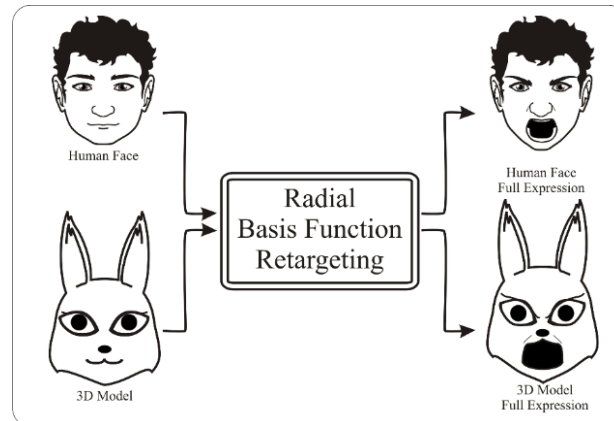
Tujuan penelitian ini adalah membuat ekspresi model animasi yang dapat mengikuti gerakan model peraga sesuai dengan ekspresi yang didapatkan dari motion capture dengan diberikan pemetaan menggunakan RBF. Pada gambar 3.1 menunjukkan hasil dari retargeting yang dilakukan secara langsung atau pemetaan langsung, dengan artian tanpa menggunakan metode RBF. Dari gambar tersebut terlihat ekspresi karakter *non-humanid* tidak begitu realis seperti pada ekspresi manusianya, yang artinya ekspresi yang dimunculkan oleh karakter *non-human* tidak mengikuti gerakan ekspresi model peraga dengan sempurna.



Gambar 3.1 Proses *Direct Retargeting*

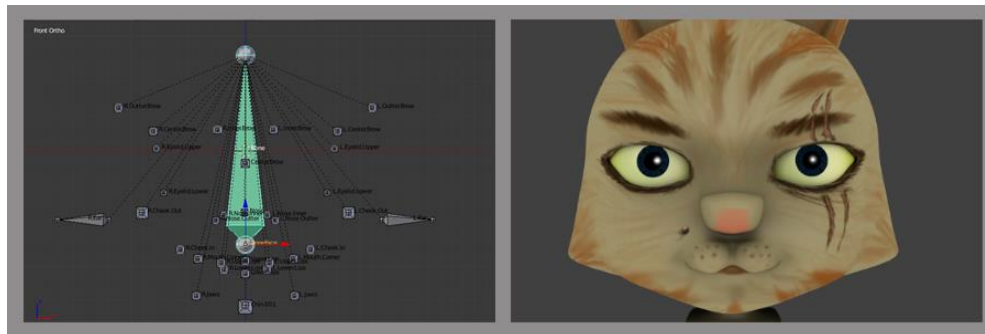
Proses *retargeting* tersebut tidak menunjukkan ekspresi yang natural, oleh karena itu ditambahkan metode RBF untuk dilakukan pemetaan fitur point agar menghasilkan ekspresi karakter *non-humaniod* yang mengikuti ekspresi hasil *motion capture* model peraga manusia. Dengan metode yang diajukan pada penelitian ini, ekspresi yang dihasilkan model lebih realistis dan lebih bias

mengikuti gerakan model peraga ketimbang yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dengan proses *direct retargeting* yang hanya mengikuti perpindahan fitur point secara langsung. Hasil *retargeting* dengan metode RBF ditunjukkan pada gambar 3.2



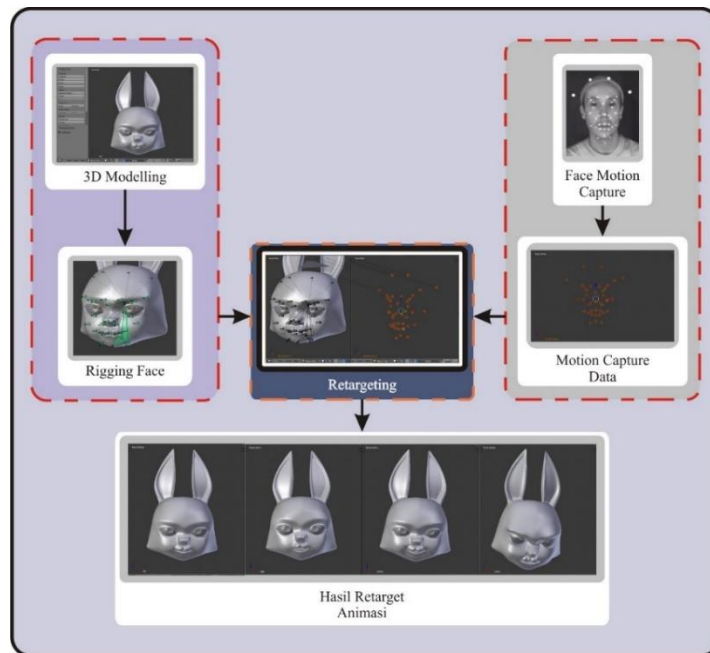
Gambar 3.2 Proses *Retargeting* dengan *Radial Basis Function*

Model karakter 3D secara teknis dibuat dengan dilengkapi bone pada titik yang sudah ditentukan sebagai kontrol *blendshape* dari wajah karakter atau disebut proses rigging. Model karakter 3D ini digerakkan sesuai data hasil *face motion capture* dengan format C3D. Bone dan face model 3D *non-human* seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Model *Bone Face* Karakter (a) dan Model 3D Mipo

Proses *retargeting* adalah menyambungkan data C3D dengan *bone* di tiap titik pada wajah karakter. Dari proses *retargeting* ini dapat dilihat hasil gerakan animasi karakter 3D yang mengikuti gerakan *motion capture*. Gambar 3.3 menunjukkan Diagram alir penelitian mengenai *retargeting* animasi

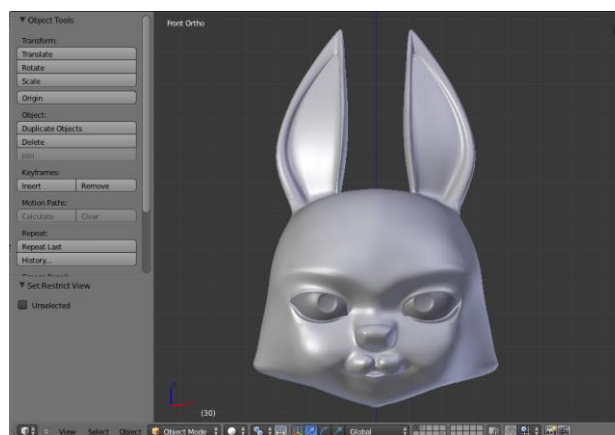


Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian

3.2 Penjelasan Proses Penelitian

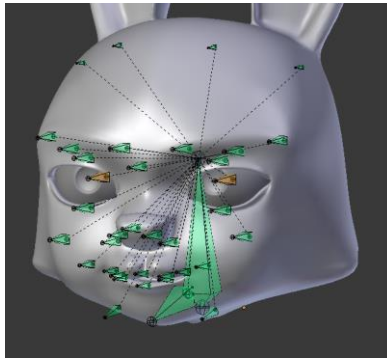
3.2.1 Modelling

Proses modelling dilakukan dengan membentuk model karakter *non-humanoid* 3D kucing bernama “Mipo” dengan menggunakan *software modelling* “Blender”. Karakter Mipo memiliki ciri khas telinga panjang ke atas, bola mata yang besar ketimbang bola mata manusia. Lebar bibir yang lebih besar dan lebar ketimbang manusia. Karakter Mipo terinspirasi dari kucing liar berjenis Bobcat. Gambar 3.4 menunjukkan proses modelling karakter dengan menggunakan Blender.



Gambar 3.5 Modelling Karakter "Mipo"

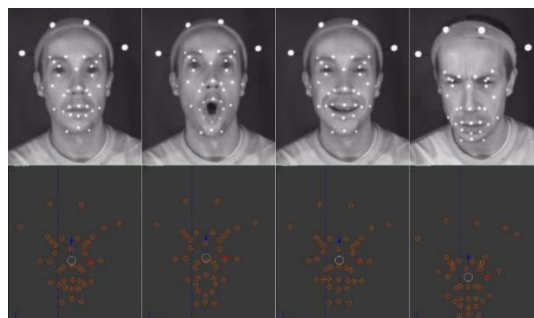
Proses berikut yang dilakukan setelah model dibuat adalah pemberian tulang pada bagian-bagian wajah model atau disebut Face Rigging. Tujuan face rigging ini adalah pemberian penanda sebagai titik fitur saat digerakkan menggunakan data *motion capture*. Setiap titik fitur memiliki informasi seperti bibir, mata, hidung, telinga, dan lain-lain. Proses face rigging ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.6 Face Rigging Karakter "Mipo" Menggunakan *Weight Paint*

3.2.2 *Capture Data Gerakan*

Proses *capturing* gerakan model peraga yakni *motion capture*, proses *capture* data yang dilakukan pada penelitian ini adalah merekam gerakan pada wajah manusia yang telah diberi penanda sejumlah 37 titik, titik tersebut adalah 33 titik wajah untuk mendeteksi gerakan ekspresi, dan 4 titik sebagai penggerak dari keseluruhan titik. Titik-titik merupakan data fitur standar dari wajah manusia meliputi mata, hidung, bibir, dan lain-lain. Titik-titik tersebut memiliki informasi koordinat (x,y,z) sehingga dapat memetakan perpindahan titik setiap framenya saat dipasangkan ke dalam model. Namun dalam hal ini harus melalui proses pemetaan dikarenakan perbedaan struktur wajah model karakter dengan manusia. Gambar 3.6 menunjukkan rekaman *motion capture* manusia saat berekspresi beserta data *motion capture* yang didapatkan.



Gambar 3.7 Ekspresi Wajah Manusia Diam, Terkejut, Senyum, Jijik (Atas) dan Data Motion Capture (bawah)

Setelah proses motion capture dilakukan, maka didapatkan data motion capture berupa C3D. C3D memberikan informasi raw-data mengenai posisi (x,y,z) dari penanda yang terpasang pada wajah model peraga. Untuk melakukan pemetaan data C3D hasil *capture* data, format file tersebut dipindahkan ke dalam bentuk file STL agar dapat dilakukan pemetaan dengan formula *Radial Basis Function* yaitu metode yang dipakai dalam penelitian ini. Pada tabel 3 adalah data C3D yang digunakan.

Tabel 3 Data *Motion Capture* Peraga

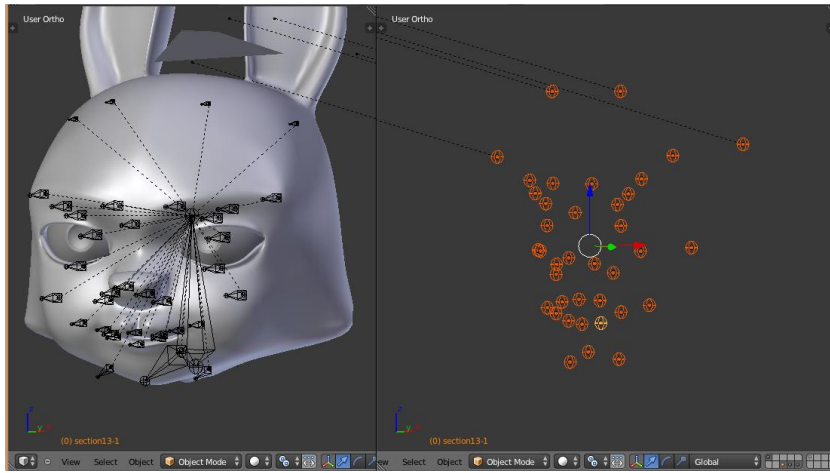
1 →	Frame number	170									
	First frame	1									
	Point frequency	100									
	Analog frequency	100									
2 →	Time	Feature-1			Feature-2			Feature-3			Feature-4
	s	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
3 →		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X
	0	-23.2707	-295.91	1103.9	9.863	-319.674	1100.34	47.3748	-320.972	1099.35	83.2122
	0.01	-23.2707	-295.91	1103.9	9.863	-319.674	1100.34	47.3748	-320.972	1099.35	83.2122
	0.02	-22.9205	-295.734	1104.09	10.0983	-319.587	1100.51	47.5767	-320.844	1099.56	83.3651
	0.03	-22.7888	-295.787	1104.19	10.3223	-319.571	1100.73	47.7508	-320.824	1099.76	83.5359
	0.04	-22.7124	-295.896	1104.29	10.4466	-319.621	1100.85	47.9413	-320.866	1099.93	83.7722
	0.05	-22.6246	-295.818	1104.42	10.6327	-319.618	1101.08	48.0763	-320.913	1100.11	83.9322
	0.06	-22.4576	-296.03	1104.65	10.7932	-319.715	1101.26	48.225	-321.054	1100.26	84.1725
	0.07	-22.2759	-296.047	1104.8	10.8681	-319.779	1101.41	48.3775	-321.163	1100.44	84.239
	0.08	-22.11	-296.192	1105.06	10.9723	-319.88	1101.56	48.5154	-321.294	1100.58	84.3274
	0.09	-21.9837	-296.198	1105.2	11.0343	-320.012	1101.71	48.5557	-321.449	1100.72	84.4987
	0.1	-21.7807	-296.237	1105.32	11.1169	-320.199	1101.85	48.6058	-321.554	1100.93	84.563
	0.11	-21.6504	-296.411	1105.49	11.2138	-320.341	1101.97	48.706	-321.76	1101.02	84.6241
	0.12	-21.591	-296.782	1105.56	11.2858	-320.62	1102.1	48.7867	-321.971	1101.14	84.7095
	0.13	-21.5338	-296.928	1105.74	11.3752	-320.769	1102.21	48.8727	-322.27	1101.21	84.7554
	0.14	-21.5256	-297.048	1105.82	11.4182	-321.032	1102.38	48.9309	-322.5	1101.34	84.7972
	0.15	-21.4949	-297.263	1105.9	11.4246	-321.181	1102.44	48.9065	-322.779	1101.44	84.8884
	0.16	-21.4739	-297.49	1106.05	11.446	-321.468	1102.55	48.9302	-322.937	1101.6	84.9185

Data *motion capture* peraga yang akan digunakan sebagai data acuan pengolahan rumus RBF memiliki beberapa fitur didalamnya, seperti pada contoh tabel 3, pada angka 1 menunjukkan data keseluruhan dari *motion capture*, terdiri dari jumlah frame awal, dan frame hingga akhir, nomor 2 yaitu kolom waktu dan titik fitur yang dimiliki, waktu yang dimaksud yaitu perhitungan waktu gerakan perframe yang terekam, serta titik fitur yang dipakai mulai dari “feature-1” hingga seterusnya yaitu “feature-33”. Nomor 3 yaitu koordinat dari titik fitur keseluruhan.

3.2.3 Retargeting

Gerakan yang dimiliki titik fitur model Mipo sepenuhnya mengikuti gerakan yang dihasilkan oleh hasil Motion capture data, akan tetapi gerakan yang

dihasilkan pada model Mipo tidak sepenuhnya sempurna. *Retargeting* yang dilakukan adalah memasang data motion capture yang didapatkan pada Sub 3.2.2 ke dalam bone/blendshape dari model pada Sub bab 3.2.1. Setiap fitur point pada *Motion Capture Data* dipasangkan sesuai dengan Bone yang sudah terpasang pada karakter “Mipo”. Namun dalam penelitian ini proses retargeting harus melalui proses pemetaan terlebih dahulu menggunakan RBF untuk membangun ekspresi karakter yang realistis. Untuk proses *direct retargeting* atau pemetaan langsung ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.8 Pemetaan langsung data Motion Capture ke dalam Bone Model "Mipo"

3.2.4 Radial Basis Function

Radial basis functions digunakan secara luas untuk permasalahan interpolasi data yang tersebar seperti perkiraan permukaan (*surface approximation*) dan simulasi cairan (*fluid simulation*) (Buhman, (2003)). Setiap fungsi berkelanjutan dapat diinterpolasi dengan tingkat akurasi yang berubah-ubah dengan formula radial basis functions seperti pada Persamaan (1).

$$y(x) = \sum_{i=1}^N \omega_i \phi(\|x - x_i\|), \quad (1)$$

dimana ϕ adalah fungsi radial, dimana nilainya bergantung pada jarak dari file sumbernya (dalam kasus ini adalah x_i). Terdapat beberapa fungsi radial yang umum digunakan, pada penelitian ini digunakan fungsi multikuadratik seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$\phi(r) = \sqrt{1 + (\epsilon r)^2} \quad (2)$$

Setiap komponen dari parameter target mendefinisikan set dari radial basis function, dengan nilai penimbang ω_i harus dikalkulasi.

Dalam kasus ini, jumlah dari fungsi basis (N) adalah jumlah dari sampel yang telah ditentukan, x_i adalah konfigurasi sumber dari sampel i . Konfigurasi target $y_i = y(x_i)$ akan mendefinisikan titik control dari set fungsi interpolasi. Nilai penimbang ω_i dapat dikomputasi dengan menyelesaikan system dari Persamaan linear (3).

$$T = H \cdot W, \quad (3)$$

dimana $H_{ij} = \phi(\|x_j - x_i\|)$, $W_i = w_i$ dan $T_i = y_i$.

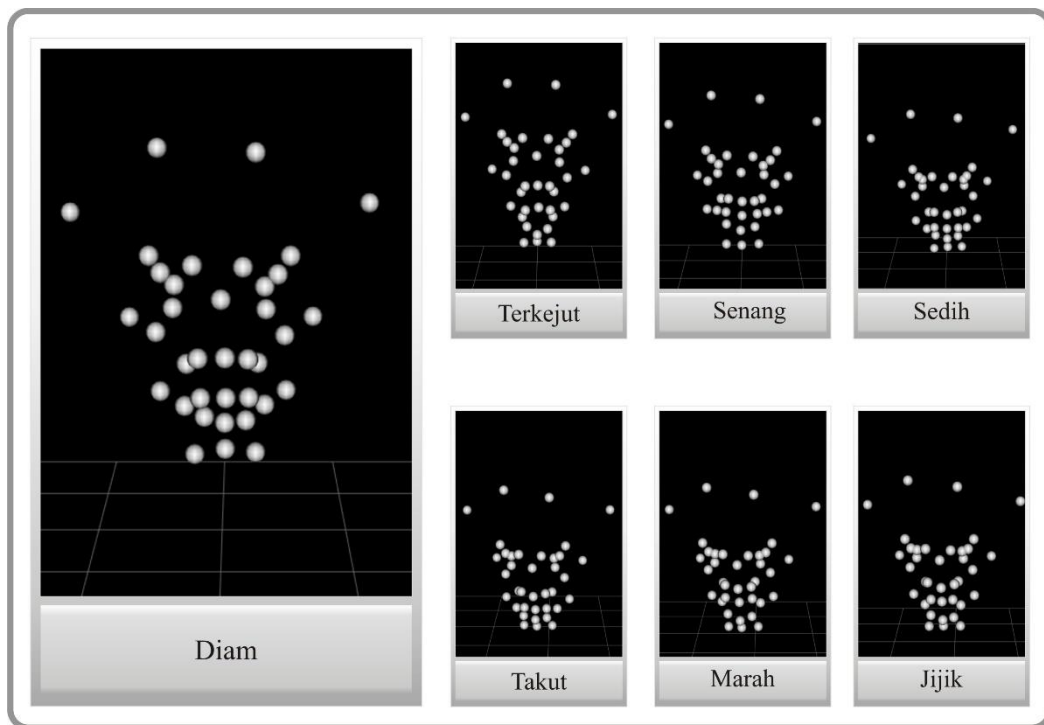
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data *Motion Capture*

Penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan *Mocap* data demo dari Optitrack dan hasil dari *capture* data model peraga dengan beberapa ekspresi yaitu diam sebagai ekspresi awal dengan nilai 0, ekspresi yang akan diuji adalah terkejut, senang, sedih, takut, marah, jijik. Data motion capture yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah dengan format C3D. Data *Mocap* ini yang akan ditargetkan kedalam bone model 3D “Mipo” dan diolah menggunakan metode *Radial Basis Function* untuk mendapatkan ekspresi dari manusia atau model peraga ke dalam “mipo” yang lebih ekspresif atau sebatas realis sesuai dengan batasan ekspresi manusia atau data *MoCap*. Ekspresi pada data *MoCap* yang digunakan seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Ekspresi *Motion Capture* Data dengan format C3D

Data yang akan di olah sesuai dengan ekspresi yang dibutuhkan, diambil data tiap frame yang menunjukkan ekspresi dari hasil *MoCap*. Data tersebut diambil untuk dapat diolah dengan rumus *Radial Basis Function*. Pada tiap ekspresi yang diambil memiliki koordinat tertentu yang ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4 Koordinat Titik pada Wajah (t_0) Motion Capture Demo Optitrack

Titik Fitur Wajah	Koordinat Ekspresi Wajah (Diam)		
	x	y	z
1	-23.2707	-295.91	1103.9
2	9.863	-319.674	1100.34
3	47.3748	-320.972	1099.35
4	83.2122	-296.034	1103.86
5	-14.4286	-303.534	1092.34
6	-4.04019	-304.436	1083.32
7	31.0122	-319.7	1074.77
8	73.5963	-302.3	1090.8
9	63.7532	-303.445	1081.78
10	-5.51417	-298.532	1064.62
11	64.7978	-298.475	1063.57
12	-42.4905	-232.537	1044.7
13	-18.8641	-288.177	1043.85
14	79.2302	-289.241	1041.63
15	102.783	-235.634	1045.82
16	4.75181	-302.194	1022.26
17	13.7063	-320.505	1030.3
18	34.1622	-339.675	1035.08
19	51.0778	-323.116	1030.36
20	58.7303	-301.367	1022.91
21	-16.5376	-274.298	994.326
22	3.05341	-298.505	988.566
23	15.4098	-312.667	998.046
24	34.5493	-319.481	999.849
25	51.7105	-313.359	998.747
26	63.9976	-296.424	989.14
27	80.8363	-274.767	995.361
28	18.1881	-305.669	981.906
29	33.717	-311.52	978.713
30	49.5549	-306.816	979.472
31	10.2439	-285.245	946.833
32	33.9101	-299.114	954.949
33	57.1859	-286.343	948.715

Titik fitur wajah tanpa ekspresi atau dengan ekspresi “Diam” seperti pada tabel 4 ditentukan sebagai titik awal (t_0). Sedangkan, untuk ekspresi lain seperti Terkejut, Senang, Sedih, Takut, Marah dan jijik ditentukan sebagai titik ekspresi utama (t_1). Titik tersebut nantinya akan digunakan sebagai data sumber untuk

diolah dengan rumus RBF dan diaplikasikan terhadap model 3D Mipo. Dari data tabel 4 didapat koordinat tiap titik fitur yang ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5 Koordinat Titik Fitur dengan Wajah Berekspresi 1 (t_1)

Fitur Point	Ekspresi								
	Terkejut			Senang			Sedih		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	13.535	-307.962	1117.73	-10.1528	-402.733	1036.23	-16.5558	-390.146	1045.31
2	51.4051	-309.381	1116.6	21.1962	-408.606	1034.93	21.6941	-393.797	1043.93
3	87.387	-283.944	1119.47	54.5462	-394.768	1046.47	58.0372	-380.854	1060.59
4	-10.7474	-292.379	1108.99	-30.1815	-385.281	1033.64	-39.1728	-372.383	1045.35
5	-0.07554	-293.099	1100.95	-23.7148	-384.284	1030.25	-29.4789	-374.367	1042.45
6	34.4578	-310.888	1091.87	8.25396	-398.723	1018.05	4.816	-392.454	1028.77
7	78.0338	-292.179	1107.59	46.382	-392.522	1032.25	48.5556	-380.464	1045.86
8	67.6789	-292.973	1099.01	41.5546	-389.789	1028.24	38.6311	-380.987	1041.55
9	-2.03443	-290.871	1080.09	-24.0155	-378.247	1020.29	-30.4595	-369.446	1027.25
10	68.674	-291.291	1078.77	42.6716	-384.413	1018.11	40.4713	-376.31	1026.88
11	-39.452	-226.8	1053.48	-54.4198	-300.977	1014.46	-58.9938	-292.442	1017.1
12	-14.4956	-282.372	1056.9	-35.1506	-359.125	1001.18	-41.7693	-353.014	1011.74
13	81.7562	-284.513	1054.39	58.116	-368.772	996.68	55.6429	-364.214	1009.84
14	106.693	-231.007	1053.87	90.1492	-321.442	1013.35	85.8982	-311.809	1019.26
15	9.25666	-299.028	1035.84	-15.6746	-365.401	973.663	-18.052	-367.923	995.514
16	16.6621	-315.601	1047.26	-7.86777	-383.445	976.56	-14.2237	-385.774	996.675

Fitur point pada tabel 5 adalah titik yang terdapat pada wajah peraga, titik tersebut yang nanti digunakan untuk penggerak bone yang terdapat pada karakter model 3D. Setiap fitur point memiliki 3 koordinat yaitu x, y dan z. Seperti contoh ekspresi tersenyum memiliki koordinat x, y, dan z yang menentukan arah gerakan model. Koordinat tersebut diambil hanya pada saat model peraga berekspresi, dan hanya diambil data saat model dengan posisi berekspresi.

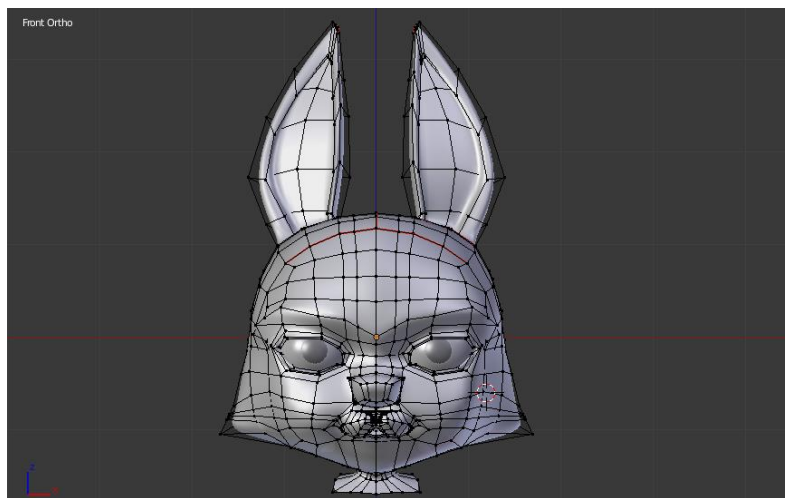
Tabel 6 Koordinat Titik Fitur dengan Wajah Berekspresi 2 (t_1)

Fitur Point	Ekspresi								
	Takut			Marah			Jijik		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	-40.8017	-346.31	1064.53	-49.967	-309.086	1092.05	-43.4734	-318.208	1079.14
2	-9.18866	-364.744	1053.75	-18.7394	-337.51	1092.05	-12.0319	-343.56	1076
3	27.8288	-367.875	1052.58	23.5057	-343.284	1091.23	27.4089	-348.098	1076.04
4	61.4341	-352.284	1066.48	63.3467	-320.773	1098.1	64.5292	-325.597	1082.39
5	-31.767	-348.783	1051.39	-39.7962	-316.858	1084.33	-35.002	-325.604	1067.52
6	-22.8209	-349.705	1049.21	-26.539	-316.759	1069.48	-23.3838	-327.193	1059.8
7	11.6562	-366.272	1037.38	5.95605	-337.523	1059.63	10.5525	-343.741	1050.68
8	53.1156	-351.928	1051.66	52.3826	-326.15	1086.77	55.2067	-331.202	1068.77
9	44.2859	-352.315	1048.21	39.9818	-324.094	1069.35	44.2553	-331.43	1059.67
10	-23.4244	-345.362	1036.53	-28.7246	-315.501	1047.26	-24.0204	-322.824	1045.6
11	45.8898	-348.173	1035.89	42.8574	-322.783	1047.9	46.0382	-326.602	1045.01
12	-56.7159	-271.362	1023.29	-57.9178	-241.483	1030.43	-55.3532	-249.746	1029.56
13	-34.7554	-329.908	1017.98	-38.6766	-300.345	1024.2	-38.7345	-309.354	1030.02
14	59.6409	-335.078	1015.75	58.3893	-311.592	1024.65	63.981	-315.983	1027.46
15	88.5649	-282.443	1025.45	89.3859	-261.385	1036.01	89.5173	-262.106	1033.01
16	-10.4641	-342.198	999.036	-16.4973	-313.636	1001.56	-18.0978	-318.081	1004.86

Penjelasan pada tabel 6 seperti halnya tabel 5, yaitu dengan ekspresi takut, marah dan jijik. Ke enam ekspresi tersebut memiliki koordinat masing masing untuk mengetahui pergerakan dari tiap fitur point. Untuk tabel 5 dan tabel 6 hanya menampilkan 16 fitur point dari 33 fitur point, sebagai contoh bahwa fitur point yang akan digunakan sebagai data yang akan diolah menggunakan metode RBF.

4.2 Modelling Karakter

Persiapan karakter untuk di jadikan target animasi adalah dengan memberikan bone pada model Karakter Model 3D, untuk texture mapping pada karakter tidak dijelaskan dalam penelitian ini, focus pada penelitian ini adalah pada proses menganimasikan karakter dengan model *weightpaint*. Jumlah *bone* pada karakter disesuaikan dengan jumlah pada titik fitur wajah model *motion capture* manusia yaitu 33 titik wajah. Proses memasang *bone* pada *mesh* karakter ini biasa disebut dengan *rigging*. Dalam penelitian ini *rigging* dilakukan dengan teknik *weightpaint* yaitu menempelkan *bone* pada karakter secara manual. Model karakter adalah sebagai berikut seperti pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Model Karakter 3D

Permasalahan dari penelitian ini adalah pada bentuk wajah model 3D dalam posisi diam. Proses *retargeting* mocap data terhadap bone karakter model 3D akan menimbulkan gerakan yang kurang berekspresi dengan perbedaan struktur wajah tersebut. Hal ini dikarenakan bentuk wajah yang dimiliki oleh karakter model 3D dengan wajah manusia sangat berbeda. Pada gambar 4.3 menunjukkan perbedaan bentuk paling dominan pada wajah karakter model 3D, terletak pada area mata dan area bibir, pada area mata model 3D memiliki ukuran yang besar dibanding dengan

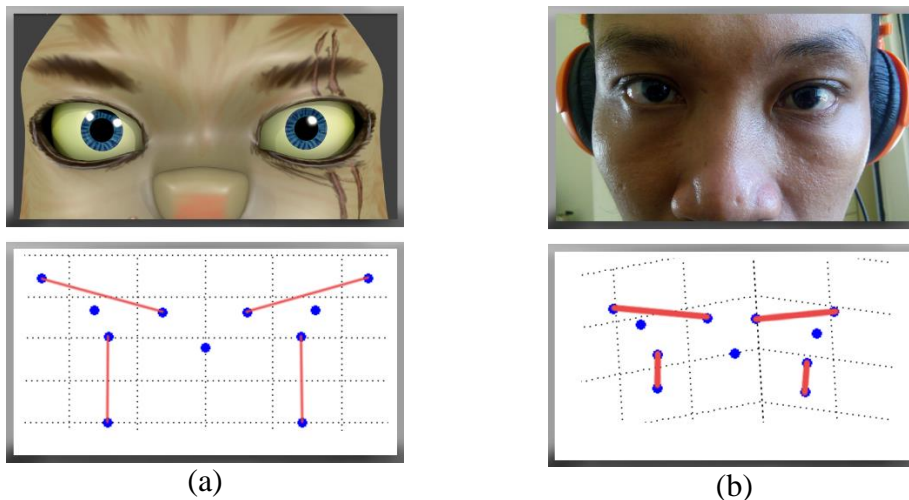
yang dimiliki oleh manusia, sedangkan untuk area bibir bentuk awal terlihat tersenyum.



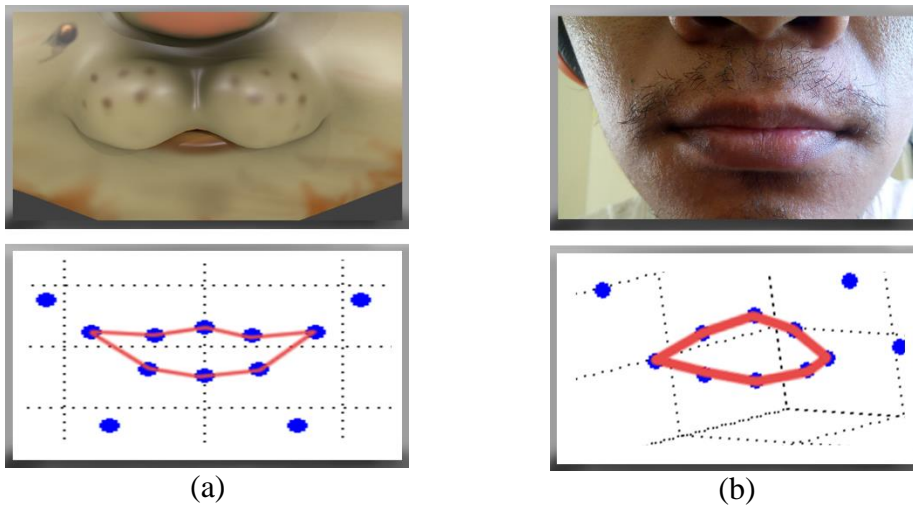
Gambar 4.3 Perbedaan Struktur Wajah Mipo dan Wajah Manusia

4.3 Analisis Model Karakter

Karakter model 3D yang digunakan memiliki struktur wajah yang berbeda dengan struktur wajah manusia yang akan dijadikan sumber model peraga. Bentuk model 3D memiliki variasi yang berbeda seperti pada bentuk kelonjongan wajah, besar atau kecilnya ukuran mata, lebar atau sempitnya ukuran bibir yang nantinya menentukan ekspresi yang ditimbulkan dari hasil *direct retargeting*. Perbedaan struktur paling menonjol adalah terletak pada area mata dan area bibir seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

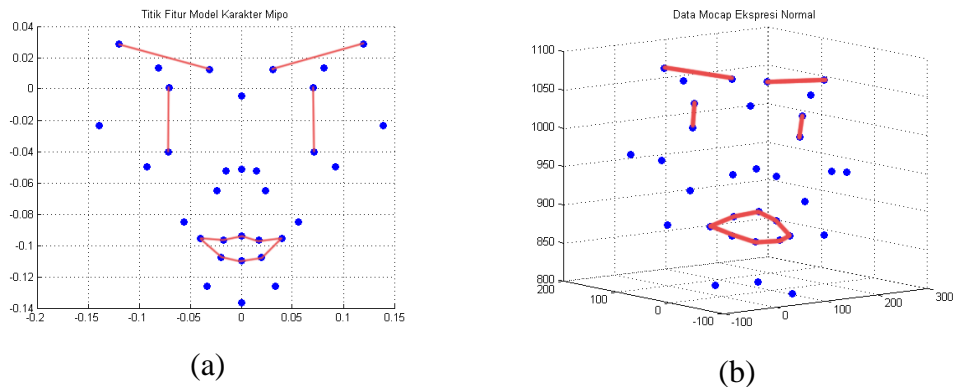


Gambar 4.4 Perbandingan Bentuk Mata Model 3D (a) dengan Model Peraga (b)



Gambar 4.5 Perbandingan Bentuk Bibir Model 3D (a) dengan Model Peraga (b)

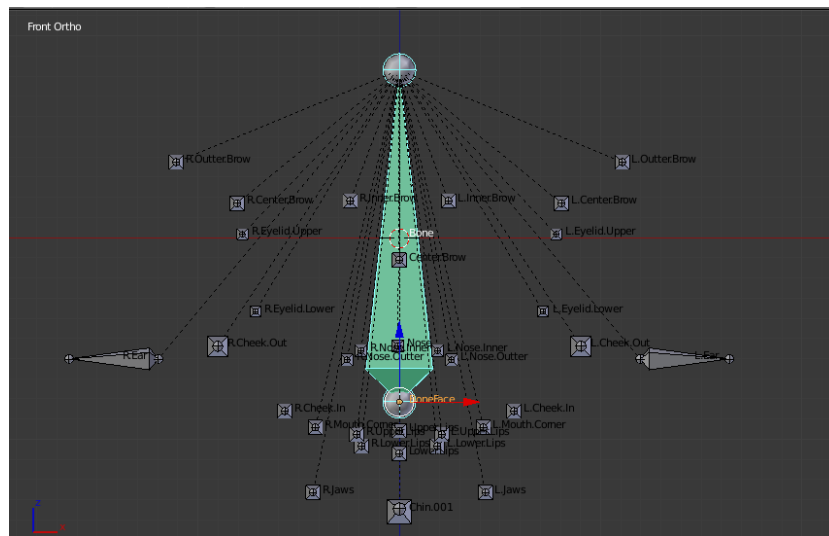
Perbedaan ini menimbulkan ekspresi yang kurang natural pada ekspresi model 3D, jika dilihat pada fitur point daerah mata dan bibir akan terlihat perbedaannya. Pada gambar 4.4 menunjukkan koordinat titik fitur model 3D dan *motion capture*, yakni posisi titik fitur pada model 3D terlihat melekuk keatas seperti posisi tersenyum (a) sedangkan untuk koordinat titik fitur motion capture peraga terlihat terbuka dalam posisi diam (b).



Gambar 4.6 Koordinat Titik Fitur Wajah Model 3D (a), Wajah Model Peraga(b)

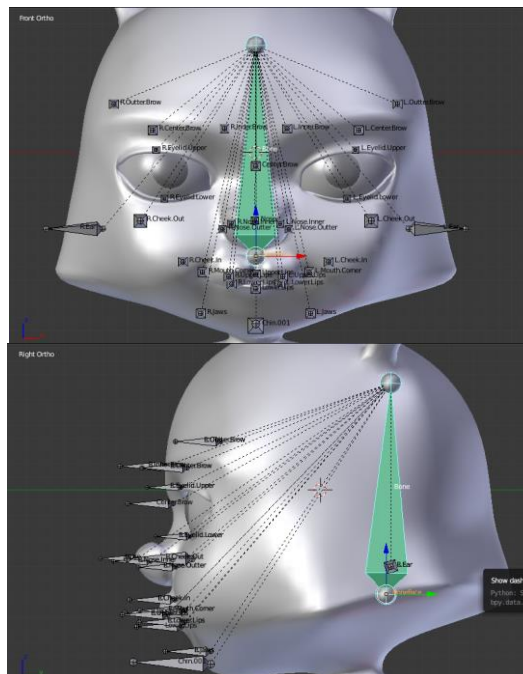
4.4 Rigging Karakter

Model yang sudah dibuat diberikan *Bone* sebagai penggerak atau *Controller* pada karakter *mesh*. Bone yang akan di tempelkan pada karakter *mesh* memiliki jumlah yang sama dengan titik fitur wajah dari *motion capture*. Bone wajah dari karakter Model 3D seperti yang ditampilkan pada gambar 4.3



Gambar 4.7 Bone Face Karakter Model 3D "Mipo"

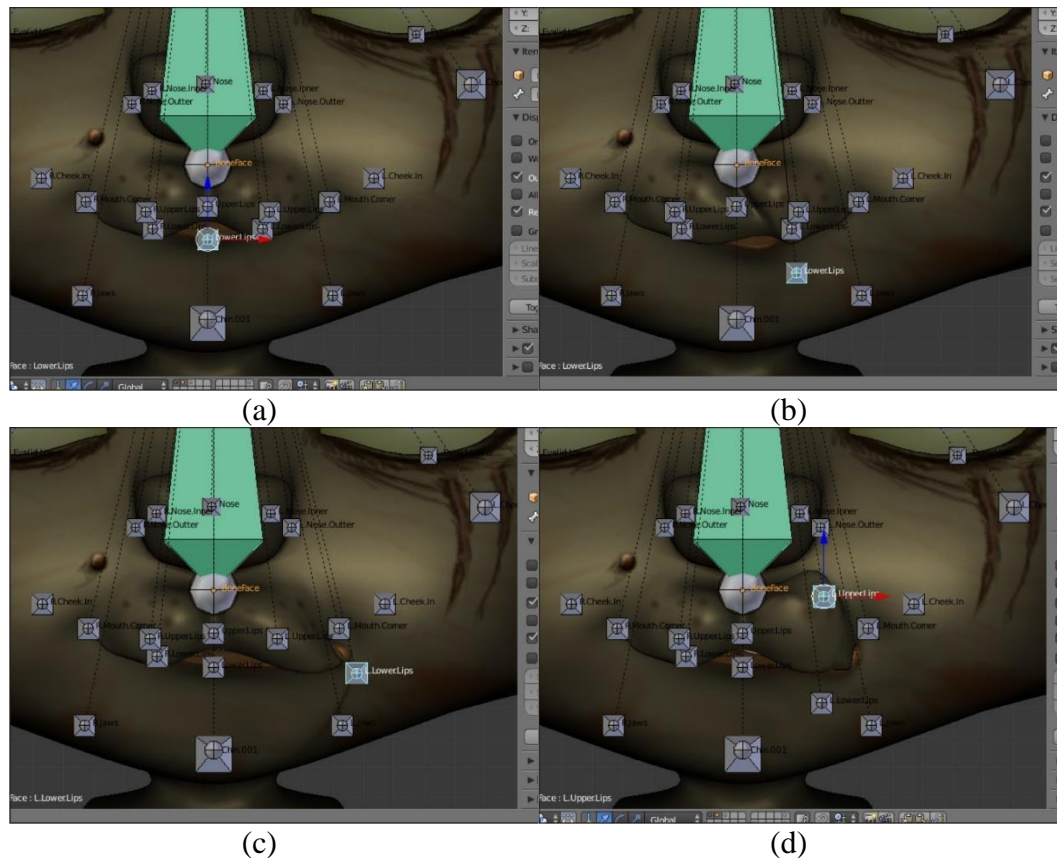
Struktur *bone* disesuaikan dengan struktur wajah dari karakter model 3D., struktur tersebut adalah bentuk bibir karakter, besar atau kecil ukuran kelopak mata, dan ukuran mulai dari kepala atas hingga rahang dari karakter model 3D. Pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa *bone* sudah sesuai dengan bentuk wajah model 3D dan sesuai dengan jumlah titik fitur wajah *motion capture* data.



Gambar 4.8 Memasangkan Posisi *Bone* pada Karakter Model 3D

Posisi *bone* pada karakter sesuai dengan posisi standar peletakan titik fitur. Posisi yang dipakai sesuai dengan posisi titik fitur yang dimiliki oleh *motion capture* data oleh manusia. Dari proses ini dimulai untuk menempelkan bone pada

area vertex yang ada pada karakter model 3D, tiap titik ditempelkan secara manual dengan menggunakan *weightpaint*, proses *weightpaint* dilakukan secara manual karena dengan proses otomatis, hasil yang didapat dari rigging otomatis membuat karakter model 3D tidak dapat digerakkan secara natural. Gambar 4.9 menunjukkan hasil dari proses otomatis *weightpaint*.

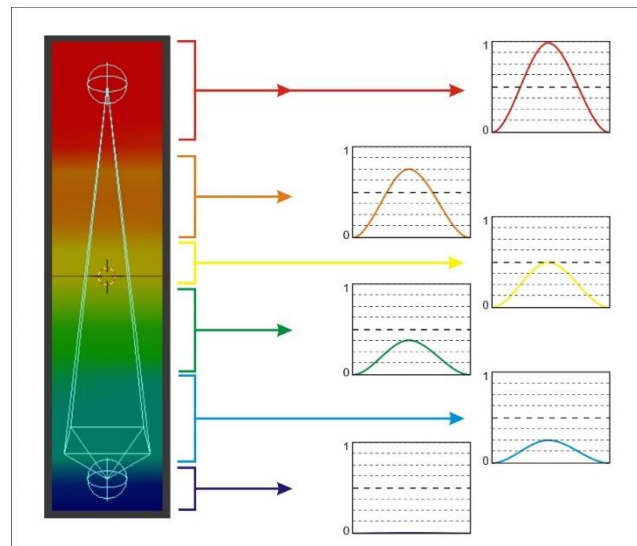


Gambar 4.9 Contoh *Weightpaint* Otomatis dengan Posisi *Bone* Diam (a), *Bone* Bibir Bawah digeser, *Bone "L.Lower.Lips"* Digeser kebawah(c), *Bone "L.Upper.Lips"* Digeser keatas (d).

Otomatis *Weightpaint* tidak seperti yang diharapkan karena *bone* yang menempel pada area yang sudah ditentukan dapat menggeser area lain. Pada gambar 4.9 bagian (b) menunjukkan bahwa *bone* yang seharusnya menggerakkan bibir bagian bawah saja, dapat menggeser bibir bagian atas juga. Contoh yang sama seperti pada bagian (c) yang seharusnya digerakkan oleh *bone "L.Loer.Lips"* hanya pada bibir bagian bawah kiri, namun yang terjadi adalah bibir atas kiri ikut bergeser. Dan pada saat *bone* lain diubah koordinatnya, area bibir yang ada disekitarnya ikut bergeser, seperti pada contoh gambar bagian (d).

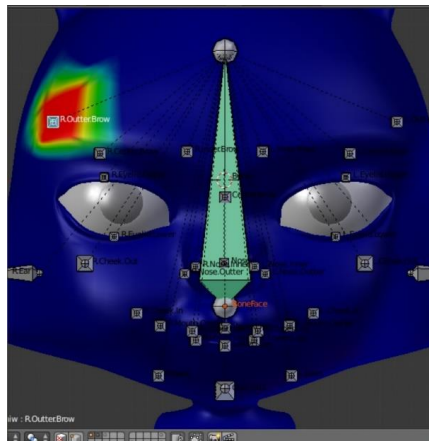
4.5 Weightpaint Manual

Mengetahui bahwa *weightpaint* secara otomatis tidak dapat mendukung proses *rigging* dengan instan, proses manual *rigging* dapat digunakan sebagai alternatif lain agar *bone* dapat menggerakkan *meshshape* karakter sesuai dengan fungsinya masing-masing. Yang dilakukan dalam proses *weightpaint* adalah memberikan warna pada *meshshape* karakter model 3D. Gradasi warna dalam *weightpaint* memiliki pengaruh terhadap kuat atau tidaknya *bone* dapat membawa *meshshape*. Warna tersebut terdiri dari merah, orange, kuning, hijau, biru terang, biru gelap.



Gambar 4.10 Grafik Warna Gradasi *Weightpaint*

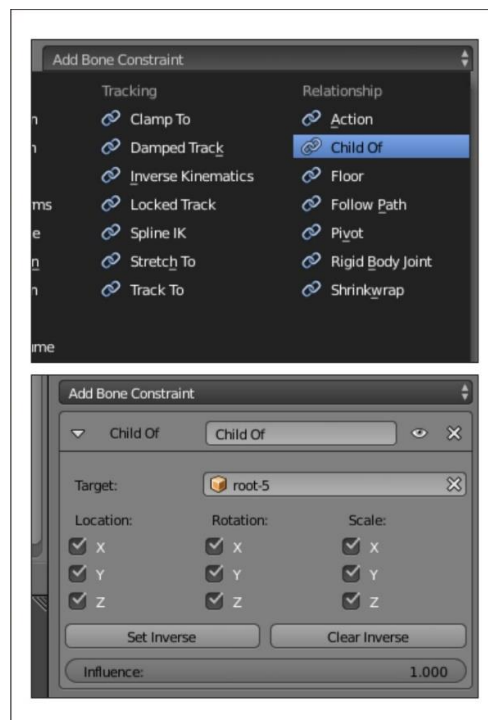
Gradasi warna yang dimiliki oleh *weightpaint* terdiri dari warna merah yang yaitu memiliki kekuatan menarik objek *vertex* sangat kuat, dicontohkan nilai kekuatan $0 \rightarrow 1$ dengan nilai 0 yang artinya warna tidak memiliki pengaruh apapun terhadap *Vertex*, dan untuk nilai 1 yang artinya sangat berpengaruh untuk menggerakkan *vertex*. Gradasi dengan warna Biru Gelap tidak memiliki kurva pada grafik, warna biru gelap ini tidak memiliki pengaruh apapun terhadap *vertex*, sehingga warna biru gelap ini tidak dapat menggerakkan *vertex* pada karakter model 3D. Hasil dari *weightpaint* terhadap karakter model 3D seperti pada gambar 4.11



Gambar 4.11 *Weightpaint* pada Karakter Model 3D "Mipo"

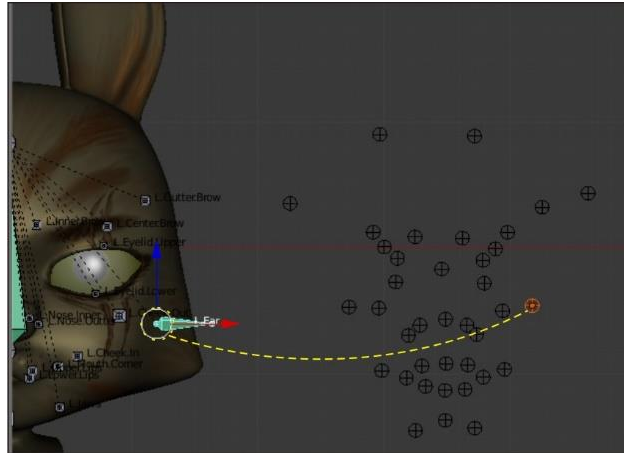
4.6 *Retargeting*

Karakter model 3D yang memiliki *bone* dapat digerakkan dengan menggunakan *motion capture* data, dalam penelitian ini *MoCap* data menggunakan C3D. Data C3D diimportkan kedalam *software 3D developer* dan dilakukan *retargeting* didalamnya. Proses *retargeting* yang dilakukan seperti pada gambar 4.12, dilakukan secara manual yaitu menggunakan "child of" yang ada pada *tools option* software. Proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama karena dilakukan secara manual dan satu per satu titik dihubungkan dari titik fitur wajah *MoCap* ke *bone* yang ada pada karakter model 3D.



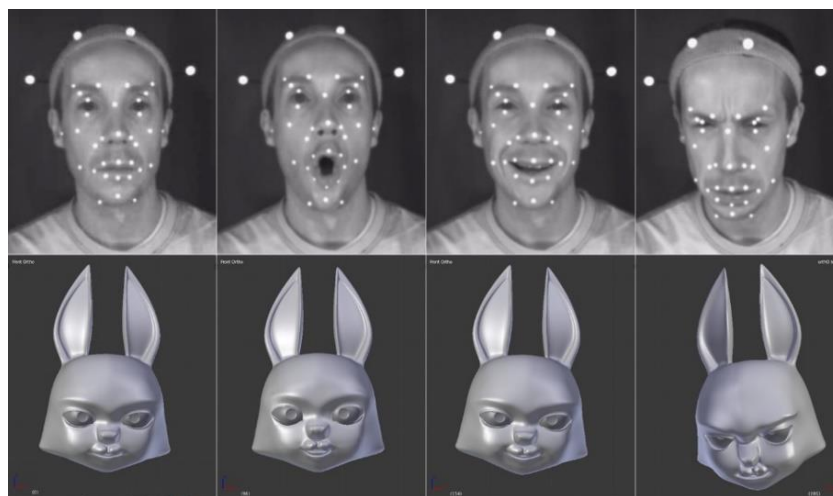
Gambar 4.12 *Retargeting* dengan "Child of Constraint"

Bone yang ada pada karakter model 3D *diretargetkan* pada titik *MoCap*. Seperti pada gambar 4.12. Pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa salah satu *bone* disambungkan pada titik fitur. Proses ini dilakukan pada 33 titik yang lain.



Gambar 4.13 *Retargeting bone* ke Titik Fitur Wajah *Motion Capture* Manusia

Retargeting animasi diujikan ke dalam beberapa ekspresi manusia dari data motion capture. Pada hasil penelitian ditunjukkan bahwa model karakter 3D dapat berekspresi dan bergerak secara natural sesuai dengan gerakan yang dihasilkan oleh manusia. Ekspresi yang diujicobakan pada hasil adalah default, terkejut, senyum, dan marah. Terlihat pada Gambar 4.14 animasi telah bergerak sesuai dengan gerakan manusia hasil *motion capture*. Hal ini menandakan bahwa proses *direct retargeting* data ke dalam model telah akurat sesuai dengan fitur-fitur yang ada pada model karakter 3D “Mipo”. Namun ekspresi yang muncul pada karakter model “Mipo” tidak menunjukkan ekspresi yang natural layaknya ekspresi yang di keluarkan oleh manusia normal.



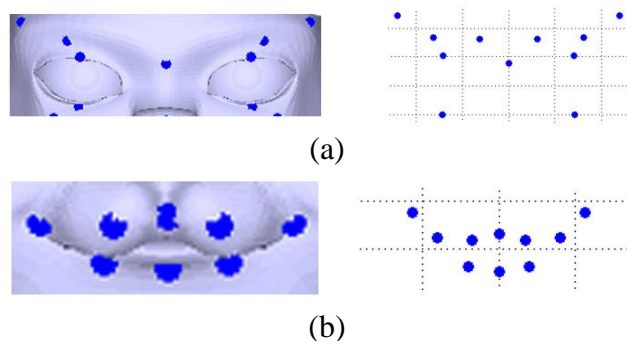
Gambar 4.14 Hasil *Direct Retargeting* Animasi

Pemetaan lain sebagai pembanding yakni menggunakan model peraga yang tidak sama, model peraga lain memiliki struktur wajah yang berbeda dari peraga awal. Dengan model peraga yang berbeda, didapatkan ekspresi model 3D yang berbeda juga. Ekspresi yang ditimbulkan terlihat lebih ekspresif namun masih belum menunjukkan gerakan yang ekspresif seperti ekspresi yang ditimbulkan oleh model peraga. Pada percobaan terhadap model 3D dengan peraga yang lain, dibutuhkan bobot perpindahan jarak fitur point yang berbeda dari model peraga lain agar ekspresi yang dihasilkan oleh model 3D dapat memperlihatkan ekspresi yang sesuai atau dapat dinilai mendekati ekspresi dari model peraga. Pada gambar 4.15 menunjukkan bahwa *direct retargeting* dilakukan dengan peraga yang berbeda.



Gambar 4.15 *Direct Retargeting* dari Hasil Model Peraga yang Berbeda

Peraga yang berbeda memberikan hasil yang lebih ekspresif pada model 3D. Ekspresi maksimal pada peraga menghasilkan gerakan model 3D yang lebih ekspresif, namun belum mendekati ekspresi yang dilakukan oleh peraga. Proses selanjutnya melalui perhitungan jarak antar fitur point dan posisi awal fitur point dengan posisi yang sudah berekspresi. Fitur point yang digunakan pada awal percobaan menggunakan fitur point pada area mata dan bibir.



Gambar 4.16 Plot Data Model 3D Area Mata (a) dan Area Bibir (b)

Target untuk data plot fitur point yang digunakan dalam penelitian awal adalah dengan merubah bobot yang dimiliki oleh area mata dan bibir. Area tersebut memiliki frekuensi paling besar dalam perubahan nilai bobot fitur point. Bobot tersebut ditentukan dari jauhnya perpindahan yang ditimbulkan oleh ekspresi yang di keluarkan. Pada tabel 7 dan tabel 8 nilai fitur point pada area mata dan bibir ini digunakan untuk menghitung bobot dari retargeting yang nantinya menggunakan *Radial Basis Function*.

Tabel 7 Fitur Point Model 3D Target Area Mata

Fitur Point Area Mata			
Fitur Point	x	y	z
1	-0.1195	0.02894	0.07536
2	-0.03126	0.01226	0.01194
3	0.03126	0.01226	0.01194
4	0.1195	0.02894	0.07536
6	-0.07049	0.000557	0.1075
9	0.07049	0.000557	0.1075
10	-0.07176	-0.04003	0.0998
11	0.07176	-0.04003	0.0998

Tabel 8 Fitur Point Model 3D Target Area Bibir

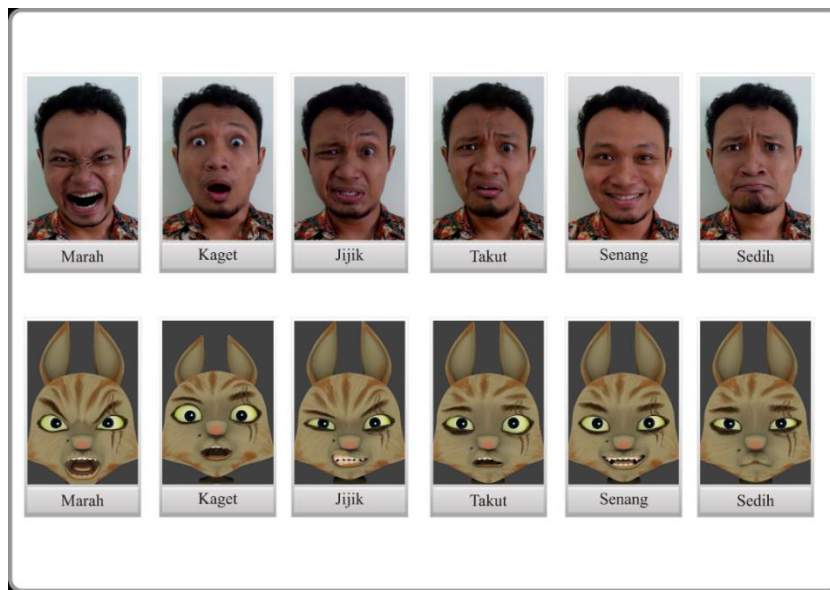
Fitur Point Area Mulut			
Fitur Point	x	y	z
22	-0.03972	-0.09549	0.107
24	0	-0.09376	0.119
26	0.03972	-0.09549	0.107
29	0	-0.1096	0.109

4.7 Analisis Data Acuan dan Data RBF

Sub judul pada bab 4.6 ini menjelaskan beberapa proses analisis RBF dengan menggunakan pembandingan, sebagai acuan dari hasil analisis RBF dibuat beberapa ekspresi yang diolah dengan menggunakan *manual shapekeys*, yaitu dengan mendesain ekspresi secara manual dan digunakan sebagai acuan untuk menentukan realis atau tidaknya dari hasil analisis RBF yang didapat. Dalam proses manual ini memerlukan waktu yang cukup lama karena ekspresi yang dihasilkan juga lebih realis dari ekspresi manusia

4.7.1 *Manual Shapekeys* Sebagai Data Acuan Ekspresi

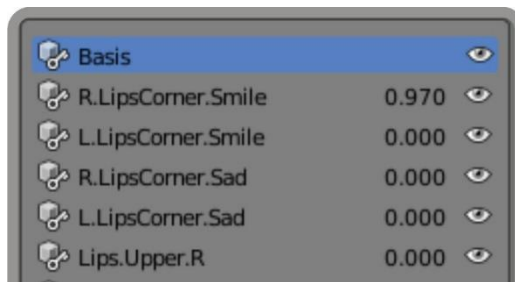
Sebagai acuan dalam menganalisis data yang diperoleh melalui pemetaan menggunakan metode RBF, dibuat desain ekspresi secara manual. Ekspresi yang dibuat sesuai dengan 7 ekspresi dasar yaitu diam, marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih. Model acuan ekspresi karakter 3D ini disesuaikan dengan model ekspresi manusia secara normal, dan dibandingkan dengan ekspresi natural dari karakter 3D. 7 ekspresi tersebut ditunjukkan pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Acuan Model Ekspresi Manusia dan Model Karakter 3D

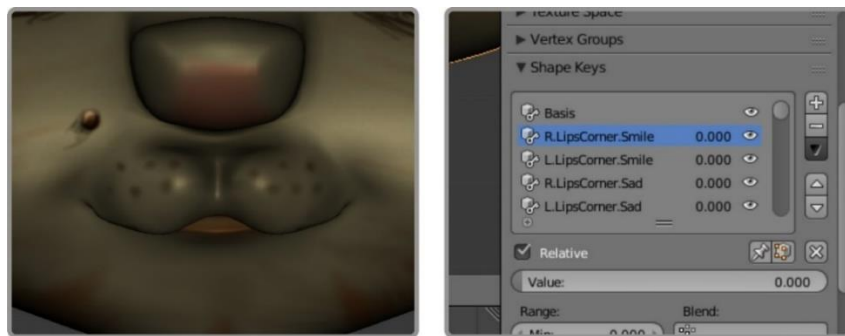
Proses manual ekspresi didapatkan model mengikuti ekspresi manusia secara realistis dan memperlihatkan ekspresi yang sesungguhnya. Ekspresi dari karakter Mipo terlihat berekspresi sama dengan model manusianya. Dari sudut pandang Manual Animator ekspresi tersebut dapat dikatakan natural karena dapat mengikuti ekspresi manusia yang sebenarnya.

Manual *ShapeKeys* dilakukan dengan membuat ekspresi karakter pada bagian-bagian tertentu, atau membuat ekspresi yang memungkinkan muncul saat ekspresi digunakan. *ShapeKey* hanya berfungsi sesuai dengan desain yang dibuat oleh animator. Berikut adalah contoh beberapa poin *shapekey* yang dibuat pada karakter 3D.



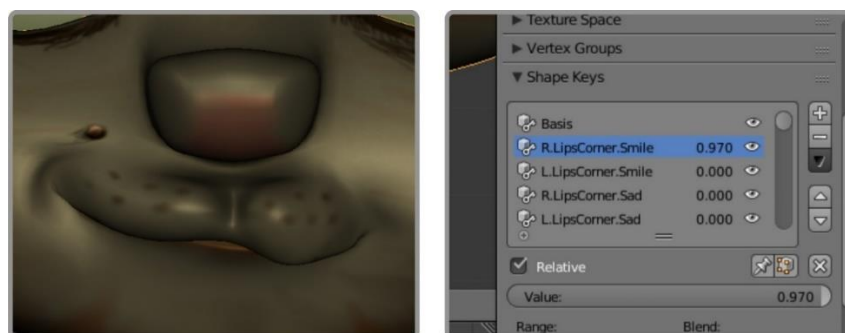
Gambar 4.18 Desain Point Shapekeys pada Karakter Model 3D

Konsep dasar *Shapekeys* adalah membuat ekspresi dasar (diketahui dengan nilai 0) dan ekspresi terluar (diketahui dengan nilai 1). Ekspresi dasar disimpan sebagai acuan posisi awal dari karakter, diikuti dengan desain ekspresi yang dibuat oleh animator. Ekspresi yang dibuat yaitu dimulai dari bagian tertentu dari wajah karakter, pada gambar 4.18 adalah “*R.LipsCorner.Smile*” dan seterusnya. Contoh ekspresi dasar atau point ‘0’ pada *shapekey* ditunjukkan pada gambar 4.19



Gambar 4.19 Posisi Nilai “0” pada Ekspresi Model 3D

Setiap titik pada *shapekey* memiliki nilai untuk memunculkan ekspresi baru dengan konsep penambahan nilai pada setiap titik akan merubah ekspresi pada karakter model 3D. Perubahan nilai pada setiap titik *Shapekey* merubah ekspresi pada karakter, ditunjukkan pada gambar 4.20. Contoh gambar dengan ekspresi ditunjukkan dengan perubahan nilai *Shapekey* yaitu dengan nilai “0.970”.

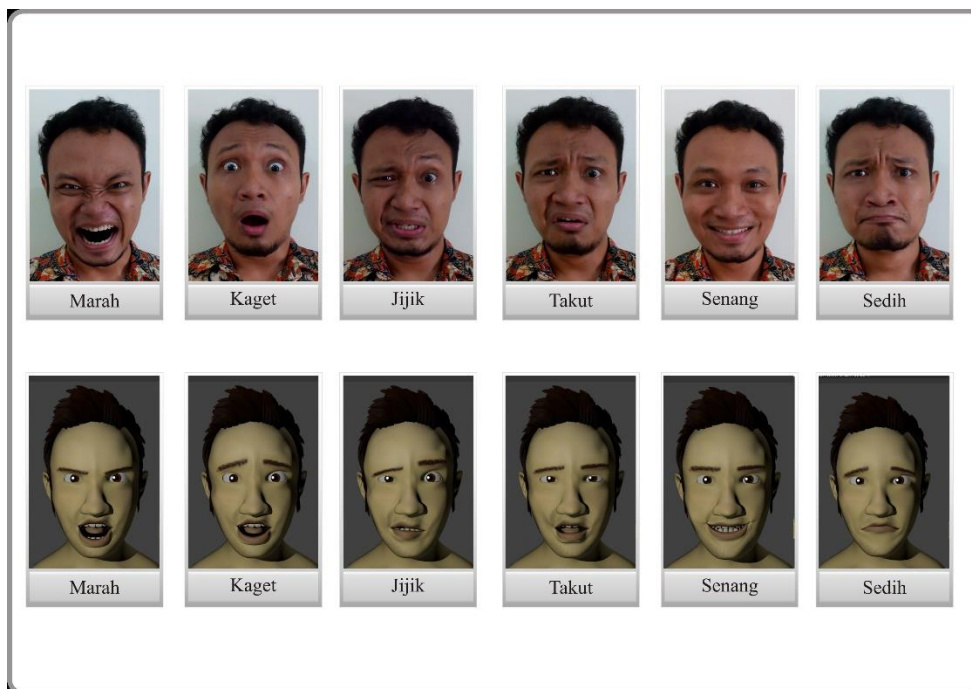


Gambar 4.20 Posisi Nilai “1” pada Ekspresi Karakter Model 3D

Hasil yang diperoleh dari desain *shapekey* dapat digunakan untuk memunculkan beberapa ekspresi, ekspresi yang dimunculkan bergantung pada kebutuhan animator. Hasil dari *shapekey* dapat digunakan juga pada retargeting untuk *motioncapture*, namun gerakan yang dihasilkan terbatas hanya pada desain yang telah dibuat. Karena rigging pada *shapekey* hanya mengikuti gerak pada *motion capture* data dan hanya mengontrol perubahan dari desain *Shapekey* saja.

4.7.2 Retargeting pada Model 3D manusia

Analisis *retargeting* motion capture data akan diujikan terhadap model 3D dengan bentuk karakter manusia. Struktur wajah dan fitur point yang dimiliki model 3D manusia disamakan dengan fitur point yang dimiliki oleh motion capture data peraga. Analisis ini dilakukan untuk menentukan bahwa proses retargeting terhadap model 3D manusia dapat lebih akurat dan menghasilkan pergerakan ekspresi yang mengikuti gerakan peraga. Pada gambar dibawah menunjukkan hasil retargeting mocap data terhadap model 3D manusia.



Gambar 4.21 Retargeting Mocap Data pada Model 3D Manusia

4.7.3 Analisis Data dengan RBF

Analisis *Radial Basis Function* dilakukan dengan mencari nilai pembobot w berdasarkan hasil komputasi RBF dengan input data sumber 0 (S_0) yang merupakan ekspresi dasar wajah manusia dan data target 0 (T_0) yang merupakan

ekspresi dasar wajah model 3D. Setelah data weight didapatkan kemudian dilakukan pengujian untuk mendapatkan data target berikutnya berdasarkan data sumber yang ada. Tabel 9 menunjukkan informasi titik fitur dari wajah manusia yang merupakan data sumber dan Tabel 10 menunjukkan informasi titik fitur dari wajah model 3D yang menjadi data target.

Tabel 9 Informasi Titik Fitur Data Sumber (S0)

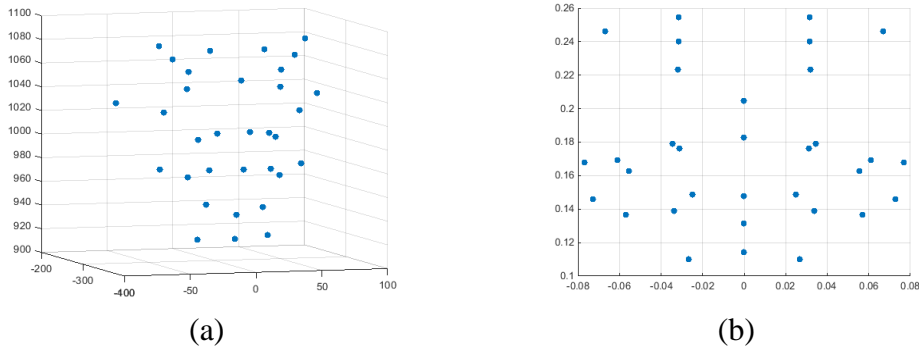
Fitur Point	x	y	z
1	-23.2707	-295.91	1103.9
2	9.863	-319.674	1100.34
3	47.3748	-320.972	1099.35
4	83.2122	-296.034	1103.86
5	-14.4286	-303.534	1092.34
...
30	49.5549	-306.816	979.472
31	10.2439	-285.245	946.833
32	33.9101	-299.114	954.949
33	57.1859	-286.343	948.715

Tabel 10 Informasi Titik Fitur Data Target (T0)

Fitur Point	x	y	z
1	-0.06709	0.2462	0.07406
2	-0.03153	0.2546	0.0974
3	0.03153	0.2546	0.09724
4	0.06709	0.2462	0.07406
5	-0.03153	0.24	0.09898
...
29	0	0.1314	0.1227
30	0.03379	0.1391	0.09821
31	-0.02687	0.11	0.0473

32	0	0.1141	0.07235
33	0.02687	0.11	0.0473

Berdasarkan data informasi posisi data sumber target yang didapatkan pada tabel 9 dan tabel 10, dapat dilakukan plotting untuk melihat posisi koordinat dalam ruang 3D. Plot data sumber awal (S_0) ditunjukkan pada Gambar 4.22 (a) dan Plot data target awal (T_0) ditunjukkan pada Gambar 4.22 (b).



Gambar 4.22 Plot Data Sumber Awal S_0 (a) dan Data Target Awal T_0 (b)

Nilai w didapatkan dengan menghitung data pada Tabel 9 dan Tabel 10 dengan menggunakan Persamaan

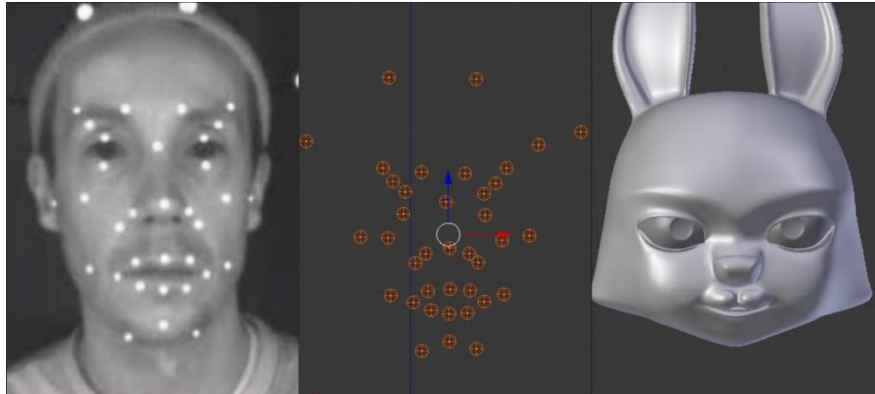
$$T = H \cdot W,$$

dimana $H_{ij} = \phi(\|x_j - x_i\|)$, $W_i = w_i$ dan $T_i = y_i$.

Berdasarkan komputasi, didapatkan nilai penimbang yang berjumlah 33x3 (jumlah titik fitur yang ada pada wajah manusia dan model 3D). Sebagian data penimbang ditunjukkan pada Tabel 11

Tabel 11 Nilai Penimbang (w)

w	x	y	z
1	0.00316	0.000116	0.00250
2	0.00225	-0.00033	-0.00025
3	-0.00256	-0.00071	-0.000297
...
33	0.000607	0.000915	0.000726



Gambar 4.23 Visual Plot data Sumber dengan Target

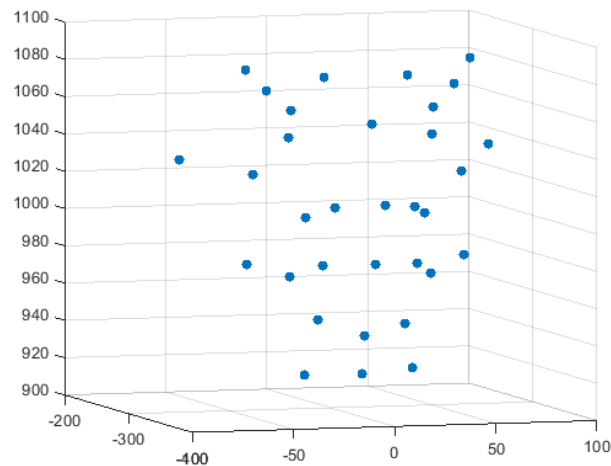
Gambar 4.23 menunjukkan hasil plot secara visual. Posisi awal data sumber dan posisi awal target. Dari data visual posisi diam dari sumber dan target tidak ada ekspresi yang ditunjukkan. Namun pada posisi awal target memiliki bentuk bibir yang berbeda dan terlihat senyum pada posisi diamnya.

Nilai Penimbang (w) yang ada pada Tabel 11 kemudian digunakan untuk mendapatkan data target ke- i (T_i) dengan menggunakan data sumber ke- i (S_i) sehingga tercipta ekspresi wajah model 3D yang realistis, disebabkan telah terpetakannya posisi wajah model 3D terhadap wajah manusia. Data titik fitur sumber dari ekspresi tertawa diujicobakan menggunakan nilai penimbang pada Tabel 11 untuk mendapatkan data titik fitur ekspresi tertawa model 3D.

Tabel 12 Data Titik Fitur Sumber (Ekspresi Tertawa)

Titik	x	y	z
1	-0.06289	0.219957	0.10104
2	-0.02936	0.229158	0.125974
3	0.032589	0.229705	0.126316
4	0.06366	0.216522	0.104571
...
30	0.046518	0.158498	0.05224
31	-0.03603	0.147372	0.017112
32	0.001485	0.14081	0.045877
33	0.038024	0.144943	0.01795

Jika data dimasukkan ke dalam koordinat 3D maka didapatkan plotting seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.24 dimana bagian bibir memiliki rentang jarak titik yang lebih lebar ketimbang bagian bibir pada Gambar 4.22 (a) yang diartikan bahwa model ini menunjukkan ekspresi tertawa.

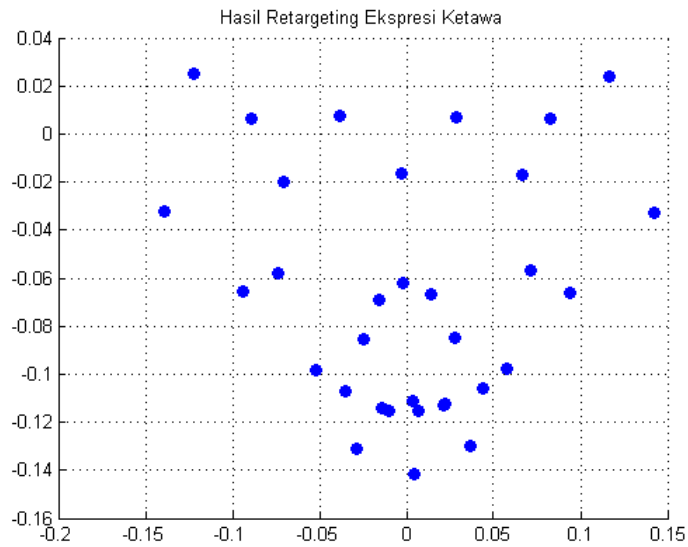


Gambar 4.24 Data Titik Fitur Wajah Manusia Ekspresi Tertawa

Tabel 13 Data Titik Fitur Target (Ekspresi Tertawa)

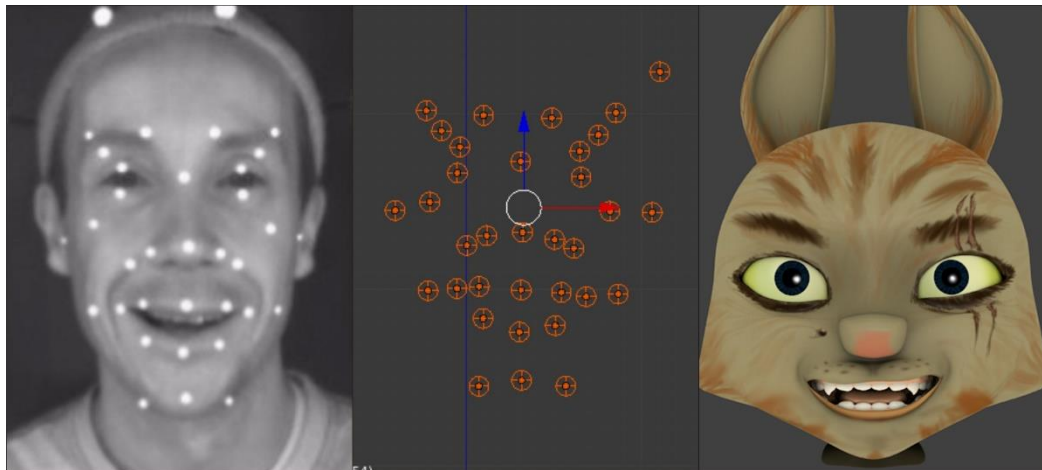
Titik	x	y	z
1	-23.2707	-295.91	1103.9
2	9.863	-319.674	1100.34
3	47.3748	-320.972	1099.35
4	83.2122	-296.034	1103.86
...
30	49.5549	-306.816	979.472
31	10.2439	-285.245	946.833
32	33.9101	-299.114	954.949
33	57.1859	-286.343	948.715

Tabel 13 menunjukkan data target hasil ujicoba dengan menggunakan data titik fitur sumber (ekspresi tertawa) pada tabel 10. Hasil dari tabel 11 kemudian dibawa ke dalam ruang koordinat 3D untuk dibentuk plot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.25



Gambar 4.25 Plot Data Titik Fitur Target Ekspresi Tertawa

Terlihat bahwa telah terjadi perubahan ekspresi yang signifikan pada data titik fitur model 3D yang ditunjukkan pada Gambar 4.25. Sehingga ekspresi sudah dapat dikatakan realistis dan dapat dipasangkan ke dalam obyek karakter 3D. Gambar 4.26 menunjukkan ekspresi yang dihasilkan oleh data *retargeting* menggunakan RBF.



Gambar 4.26 Visual Plot data Sumber dengan Target (Senang)

4.7.4 Analisis Data RBF dengan Model Peraga Berbeda

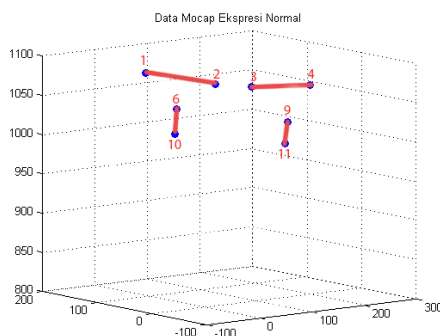
Hasil yang diperoleh dari olah data dengan RBF, didapat bobot fitur point yang bisa menghasilkan gerakan yang lebih ekspresif atau kurang ekspresif. Data tersebut akan diujikan kepada model peraga yang berbeda, dengan memiliki bentuk dan ukuran wajah yang berbeda dengan model peraga yang telah di ujikan

sebelumnya. Gambar 4.27 adalah model peraga yang berbeda dari pengujian model sebelumnya.

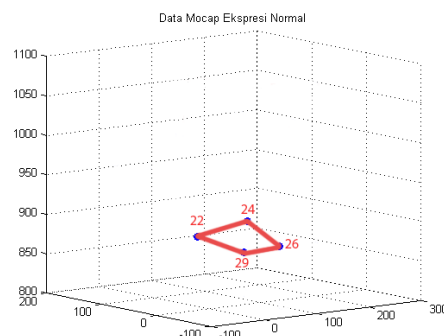


Gambar 4.27 Pengujian Pada Model Peraga Berbeda

Untuk fitur point yang diujikan dari model peraga kedua adalah daerah mata dan bibir dengan jumlah 12 titik fitur, 8 titik pada mata dan 4 titik pada bibir. Titik fitur tersebut seperti pada gambar 4.28.



(a)



(b)

Gambar 4.28 Plot Data Fitur Point Peraga Kedua Area Mata (a) dan Area Bibir (b)

Plot fitur point data sumber peraga kedua tersebut diambil dari data yang diperoleh hasil capture data. Data tersebut dijadikan sumber yang nantinya akan *diretargetkan* ke target model 3D. Pada tabel 14, tabel 15 dan tabel 16 diketahui data fitur point area mata kanan, mata kiri dan bibir dari sumber peraga.

Tabel 14 Data Ekspresi Sumber Area Mata Kanan

FP 1			Delta FP1		FP 6			Delta FP6
4.6235	112.768	1081.84	0		11.9059	62.8287	1042.73	0
25.8896	90.8715	1070.31	32.6288924		35.1564	41.8032	1035.17	32.2461005
82.0677	159.753	1058.92	89.6123432		84.6727	102.178	1030.58	78.2179554
33.3898	98.7791	1039.31	80.4481605		44.2975	52.475	1009.25	67.4945471
35.4048	90.179	1036.07	9.40848261		46.9904	54.3361	1009.33	3.27441653
-4.24355	110.167	1095.59	74.2572704		5.71999	57.5577	1063.67	68.3115001
13.2384	126.062	1061.57	41.4201642		19.4802	78.6853	1026.01	45.3210157
FP 2			Delta FP 2		FP 10			Delta FP10
48.1705	26.4867	1076.58	0		8.46322	62.9557	1010.38	0
65.0574	4.07084	1049.11	39.2713518		29	29.799	1008.65	39.0399665
126.003	73.6927	1071.64	95.2321923		72.8227	90.3977	989.532	77.1889202
75.1353	13.0882	1018.77	95.161259		37.2684	47.1179	983.38	56.3479941
86.2746	10.9465	1041.26	25.1887075		38.6649	51.9135	975.79	9.08603828
40.4165	23.8093	1097	73.3168777		-0.36685	55.406	1038.51	73.955886
54.7792	38.4327	1062.45	40.1725463		14.3299	77.7919	996.464	49.8496635

Tabel 15 Data Ekspresi Sumber Area Mata Kiri

FP 3			Delta FP3		FP 9			Delta FP9
87.7279	-1.25663	1074.07	0		133.446	-24.7011	1028.73	0
107.392	-30.418	1049.79	42.7385158		154.676	-44.8872	1024.69	29.5721682
163.679	47.7889	1073.62	99.2593294		200.137	9.93288	1021.84	71.2745831
112.747	-18.811	1019.42	99.8361423		162.381	-35.5504	1000.82	62.7382236
124.191	-7.90592	1048.6	33.1867188		163.415	-27.4022	1000.15	8.24082637
79.7886	-5.63114	1095.19	64.4001231		121.232	-33.0155	1048.81	64.6429441
94.6997	15.4306	1071.59	34.9699556		134.812	-13.8732	1018.44	38.3820394
FP 4			Delta FP4		FP 11			Delta FP11
187.004	-13.7456	1069.76	0		131.096	-22.4923	1000.76	0
208.579	-33.9643	1067.31	29.6694954		147.139	-51.6677	999.992	33.3042285
261.451	28.0221	1056.88	82.1373671		190.36	-0.96478	983.593	68.6131805
214.12	-27.694	1040	75.0296059		156.137	-42.2276	974.699	54.3409386
220.493	-20.4393	1035.43	10.6831971		159.268	-35.2455	967.648	10.4052622
177.793	-24.7069	1085.86	66.2169715		119.497	-33.3538	1030.23	74.1742387
190.799	-1.98444	1061.51	35.7545623		132.086	-14.7027	989.797	46.2728208

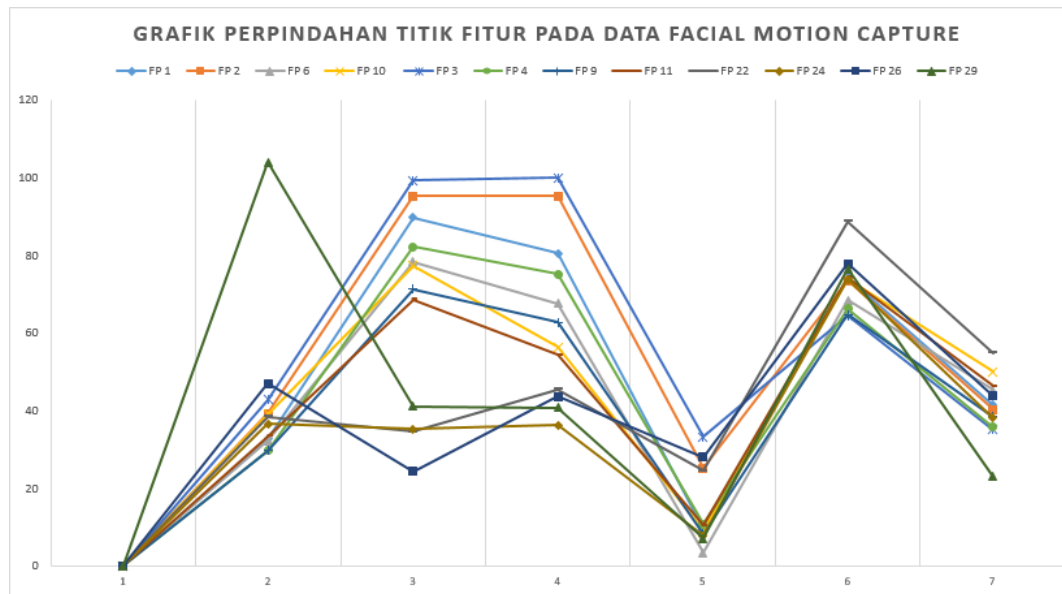
Tabel 16 Data Ekspresi Sumber Area Bibir

FP 22			Delta FP22		FP 26			Delta FP26
-11.3261	10.2325	890.798	0		82.775	-48.6624	879.351	0
17.9608	8.10172	866.039	38.409254		118.085	-62.1423	851.571	46.906633
47.7076	24.9276	861.078	34.533952		129.01	-41.0369	856.546	24.28053
25.0722	-13.2614	870.351	45.351401		95.1273	-67.6605	863.315	43.619638
17.0287	4.05872	855.081	24.451122		118.526	-70.8133	848.393	27.930367
-26.7199	27.873	928.313	88.566279		88.58	-54.8342	918.313	77.723233
-13.9851	33.7622	875.421	54.721307		89.361	-48.5674	875.038	43.733378
FP 24			Delta FP 24		FP 29			Delta FP 29
23.487	-47.9395	915.656	0		19.8047	-45.244	875.762	0
54.9774	-61.8279	903.431	36.52374		51.4834	-46.0608	776.771	103.93953
76.3055	-33.9471	905.579	35.168747		67.3651	-32.2075	812.082	41.12188
54.6823	-57.1492	888.104	36.211543		47.2029	-58.4041	835.72	40.639035
60.4361	-52.1687	888.724	7.6351814		47.7079	-63.0482	840.904	6.978291
14.9451	-39.0604	945.259	73.739168		6.53717	-49.1909	903.783	76.425273
33.7061	-24.6966	915.376	38.095768		15.7314	-37.7527	886.223	22.884927

Plot data fitur point tersebut diujicobakan dan didapatkan hasil data dari posisi diam hingga ekspresi yang sudah ditentukan. Nilai perpindahan fitur point dari diam menjadi berekspresi tersebut dijadikan data sumber kedua untuk olah data selanjutnya. Data fitur point perpindahan yang dimiliki oleh sumber kedua seperti yang terlihat pada tabel 17.

Tabel 17 Data Titik Fitur Sumber Kedua

MANUSIA							
Fitur Point	Diam	Marah	Kaget	Jijik	Takut	Senang	Sedih
1	0	0.593643	0.35255	0.083213	0.043636	0.143511	0.124145
2	0	0.712408	0.425296	0.169632	0.065203	0.175364	0.154809
3	0	0.758375	0.477301	0.214665	0.120748	0.181823	0.148041
4	0	0.658893	0.416861	0.158545	0.142746	0.188993	0.168644
6	0	0.650452	0.382458	0.120653	0.044897	0.150742	0.123597
9	0	0.711531	0.44191	0.167935	0.140144	0.175008	0.161775
10	0	0.656454	0.448086	0.073797	0.091823	0.096292	0.113722
11	0	0.705144	0.478117	0.153035	0.152111	0.186214	0.171892
22	0	0.222863	0.333021	0.196716	0.090804	0.154592	0.058349
24	0	0.514743	0.23598	0.16467	0.122841	0.206416	0.16745
26	0	0.310286	0.319584	0.092877	0.073468	0.205674	0.137765
29	0	0.871388	0.491087	0.084042	0.155849	0.152286	0.153831

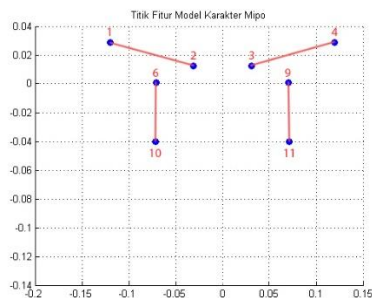


Gambar 4.29 Grafik Perpindahan Titik Fitur Sumber

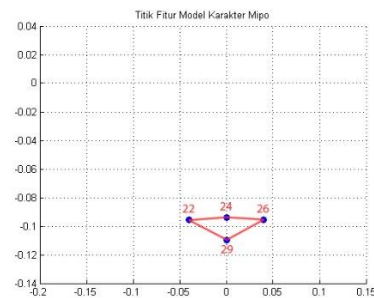
Perpindahan titik fitur yang dimiliki oleh peraga ditunjukkan dalam grafik pada gambar 4.29. grafik tersebut menunjukkan bahwa setiap fitur point memiliki koordinat yang berubah sesuai dengan ekspresi yang di timbulkan. Pada grafik tersebut menjelaskan fitur point 1 saat posisi diam grafik menunjukkan posisi titik berada di angka 0, sedangkan untuk fitur point 2 dan seterusnya berada di posisi yang berbeda-beda. Data tersebut menunjukkan bahwa koordinat fitur point berubah dan dapat memberikan ekspresi yang mengikuti model peraga.

4.7.5 Analisis Data RBF pada Target Model 3D

Setelah plot model peraga tersebut diperoleh, akan dijadikan sebagai data acuan untuk memasukkan rumus kedalam plot point fitur yang ada pada model 3D Mipo. Untuk plot model disesuaikan dengan titik fitur yang dijadikan sumber yakni 12 titik fitur wajah, area mata memiliki 8 titik dan area bibir yang memiliki 4 titik. Plot data model seperti pada gambar 4.30.



(a)

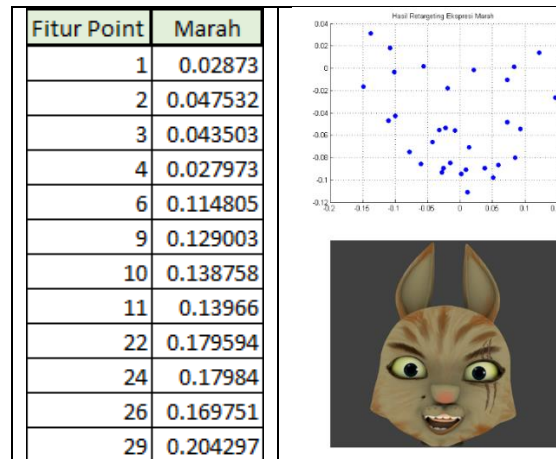


(b)

Gambar 4.30 Plot Data Mipo Area Mata (a) dan Area Bibir (b)

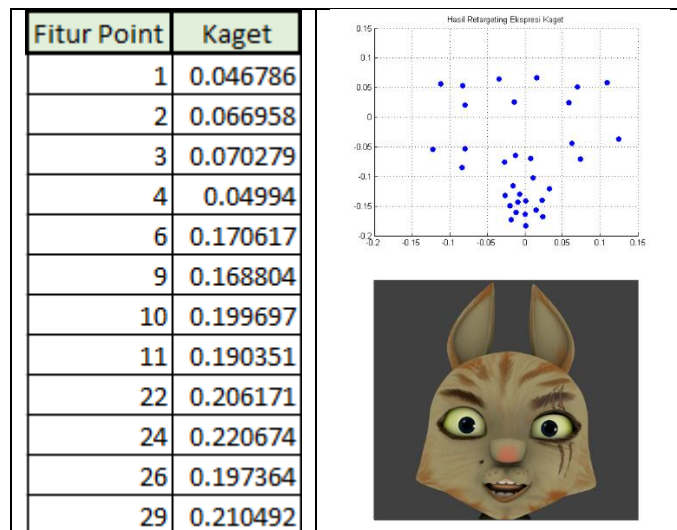
Data yang ada pada plot fitur point Mipo akan diujicobakan seperti pada tahap sebelumnya. Dengan komputasi yang dilakukan mendapatkan hasil pada tabel 18.

Tabel 18 Retargeting RBF dengan Ekspresi Marah

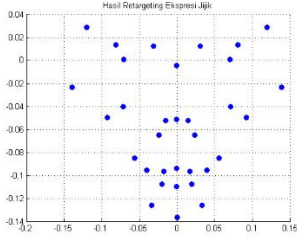



Perubahan pada 12 fitur point, terlihat beberapa perpindahan yang terjadi. Jika ekspresi yang ditunjukkan berbeda. Perpindahan fitur point yang dominan terlihat adalah dari kedua area tersebut. Hasil pengujian terhadap ekspresi yang lain adalah sebagai berikut terlihat pada tabel 19.

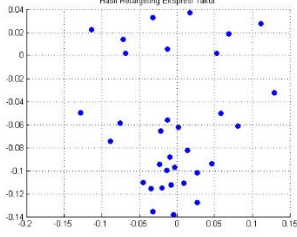

Tabel 19 Pengujian Retargeting RBF dengan Ekspresi



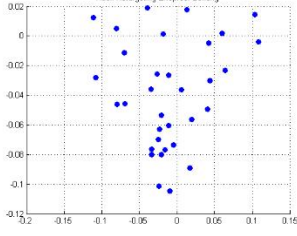

Fitur Point	Jijik	
1	0.03153	
2	0.052866	
3	0.060661	
4	0.030981	
6	0.161817	
9	0.171754	
10	0.216539	
11	0.210766	
22	0.208781	
24	0.252393	
26	0.210787	
29	0.2145	

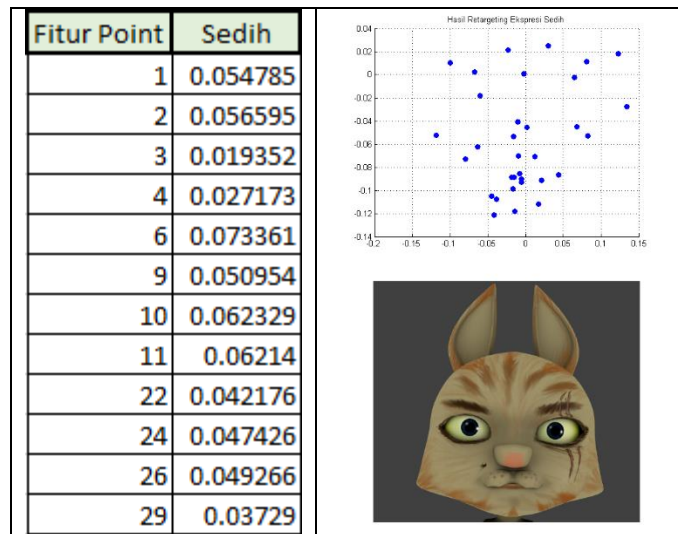



Fitur Point	Takut	
1	0.106352	
2	0.042563	
3	0.035257	
4	0.011827	
6	0.221053	
9	0.139435	
10	0.203951	
11	0.177766	
22	0.178193	
24	0.216388	
26	0.164539	
29	0.19141	

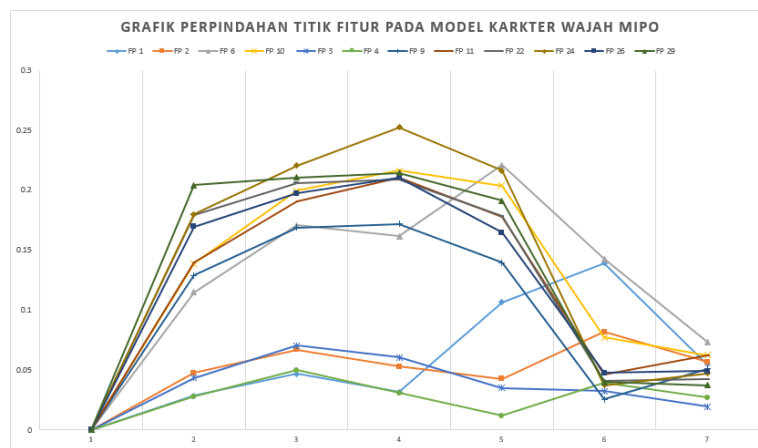



Fitur Point	Senang	
1	0.139339	
2	0.081881	
3	0.032249	
4	0.03957	
6	0.142805	
9	0.025538	
10	0.077361	
11	0.046372	
22	0.040723	
24	0.037346	
26	0.047481	
29	0.040005	



Pengujian ekspresi model 3D Mipo sebagai target RBF *Retargeting* mendapatkan hasil ekspresi yang sudah terlihat mengikuti ekspresi manusia atau model peraga. Jika dilihat dari data dan grafik yang muncul terlihat perpindahan fitur point pada model 3D menyesuaikan perpindahan pada model peraga. Terlihat di beberapa ekspresi grafik yang dimunculkan berpindah jauh karena menyesuaikan bentuk dari wajah model 3D dan model peraga. Grafik perpindahan fitur point dari wajah model 3D seperti pada gambar 4.31.



Gambar 4.31 Grafik Perpindahan Fitur Point Ekspresi Model 3D Mipo

Grafik perpindahan fitur point pada ekspresi Model Mipo tersebut diambil dari hasil olah data RBF yang mengacu pada gerakan peraga. Data pada grafik tersebut seperti pada tabel 20 berikut.

Tabel 20 Data Ekspresi Target Mipo Area Mata Kanan

FP 1			Delta FP1		FP 6			Delta FP6
-0.10926	0.036155	0.061872	0		-0.07143	0.004553	0.210912	0
-0.13744	0.031214	0.059343	0.02873		-0.10151	-0.00317	0.100388	0.114805
-0.11193	0.055933	0.08979	0.046786		-0.07904	0.020418	0.267866	0.170617
-0.1195	0.02894	0.07536	0.03153		-0.07049	0.000557	0.1075	0.161817
-0.11331	0.022394	0.18133	0.106352		-0.06807	0.001729	0.328536	0.221053
-0.11113	0.012507	0.042359	0.139339		-0.06972	-0.01145	0.18635	0.142805
-0.09959	0.010116	0.095862	0.054785		-0.06018	-0.01808	0.258783	0.073361
FP 2			Delta FP 2		FP 10			Delta FP10
-0.0342	0.04199	-0.00302	0		-0.0716	-0.04462	0.253273	0
-0.05587	0.001642	0.009705	0.047532		-0.09936	-0.04262	0.117336	0.138758
-0.03399	0.064897	0.007848	0.066958		-0.0798	-0.05307	0.315797	0.199697
-0.03126	0.01226	0.01194	0.052866		-0.07176	-0.04003	0.0998	0.216539
-0.03218	0.032753	0.049233	0.042563		-0.07577	-0.05861	0.302864	0.203951
-0.03914	0.01882	-0.03115	0.081881		-0.06877	-0.04586	0.226883	0.077361
-0.0226	0.021092	0.022923	0.056595		-0.06323	-0.06214	0.286791	0.062329

Tabel 21 Data Ekspresi Target Mipo Area Mata Kiri

FP 3			Delta FP3		FP 9			Delta FP9
0.020047	0.041421	-0.00093	0		0.056431	0.009188	0.239109	0
0.021057	-0.00152	0.005989	0.043503		0.072593	-0.01052	0.112649	0.129003
0.015999	0.066756	-0.0099	0.070279		0.058071	0.024752	0.277088	0.168804
0.03126	0.01226	0.01194	0.060661		0.07049	0.000557	0.1075	0.171754
0.017314	0.037288	-0.00861	0.035257		0.052883	0.001958	0.245811	0.139435
0.01361	0.017673	-0.03394	0.032249		0.04214	-0.00474	0.223632	0.025538
0.030385	0.025069	-0.02774	0.019352		0.064955	-0.00245	0.269136	0.050954
FP 4			Delta FP4		FP 11			Delta FP11
0.111951	0.036163	0.070872	0		0.059025	-0.0345	0.258619	0
0.121936	0.014033	0.056976	0.027973		0.07319	-0.04797	0.120334	0.13966
0.108886	0.058015	0.076706	0.04994		0.062228	-0.04361	0.31032	0.190351
0.1195	0.02894	0.07536	0.030981		0.07176	-0.04003	0.0998	0.210766
0.111486	0.027722	0.083972	0.011827		0.058345	-0.05016	0.276769	0.177766
0.10381	0.014321	0.04754	0.03957		0.044205	-0.0301	0.237428	0.046372
0.123088	0.018183	0.066297	0.027173		0.067862	-0.04494	0.292938	0.06214

Tabel 22 Data Ekspresi Target Mipo Area Bibir

FP 22			Delta FP22		FP 26			Delta FP26
-0.02721	-0.11705	0.289554	0		0.020712	-0.10419	0.29027	0
-0.06014	-0.08562	0.115825	0.179593511		0.059191	-0.08654	0.125883	0.169751177
-0.02001	-0.14935	0.307749	0.206170988		0.02284	-0.14024	0.31229	0.197364084
-0.03972	-0.09549	0.107	0.208781197		0.03972	-0.09549	0.107	0.210786527
-0.03396	-0.11552	0.28397	0.178193244		0.026957	-0.10209	0.27091	0.164538803
-0.03309	-0.07999	0.264092	0.040723441		0.019409	-0.05619	0.280455	0.047480723
-0.03802	-0.1075	0.295676	0.042175518		0.021494	-0.09121	0.315041	0.049266045
FP 24			Delta FP 24		FP 29			Delta FP 29
-0.01629	-0.08551	0.332701	0		-0.01079	-0.12256	0.320159	0
-0.01455	-0.08462	0.152871	0.179840339		0.009248	-0.09059	0.119376	0.20429737
-0.00681	-0.13007	0.368675	0.220673752		0.000446	-0.16371	0.316562	0.210491565
-3.3E-16	-0.09376	0.119	0.252393108		-1.2E-16	-0.1096	0.109	0.214500273
-0.00936	-0.08837	0.335118	0.216387915		-0.00756	-0.11249	0.300239	0.191409866
-0.02046	-0.05332	0.328575	0.037345648		-0.01565	-0.07688	0.31658	0.040004644
-0.00957	-0.07029	0.371501	0.047426471		-0.01454	-0.08864	0.351948	0.037290305

4.8 Survey Hasil Penelitian oleh Responden

Hasil penelitian dikuisiонерkan terhadap beberapa responden, dalam kuisioner ini didapatkan 61 responden yang berpartisipasi memberikan pendapat tentang hasil dari penelitian ini. Kuisioner yang disebarakan adalah hasil dari proses retargeting dari ekspresi wajah yang ada pada penelitian ini. Ekspresi yang diujikan meliputi ekspresi marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih. Dari enam ekspresi tersebut diujikan dengan 3 proses yakni proses retargeting langsung/ *direct retargeting*, RBF *retargeting* dan ekspresi yang dibuat manual atau dibuat dari sudut pandang illustrator.

4.8.1 Data Kuisioner untuk *Direct Retargeting*

Hasil kuisioner yang didapatkan dari *direct retargeting* menunjukkan bahwa responden menyatakan ekspresi yang ditimbulkan tidak sesuai dengan ekspresi yang dibawakan oleh model peraga. Berikut ini hasil yang didapat dari ekspresi terkejut seperti pada gambar 4.32.

Gambar 4.32 Data Kuisioner *Direct Retargeting* Ekspresi Terkejut

Responden menyatakan bahwa ekspresi yang dikeluarkan oleh model 3D kurang sesuai dengan ekspresi yang dikeluarkan oleh model peraga. Data yang diperoleh 36 % dari 60 responden menyatakan bahwa ekspresi terkejut yang dikeluarkan oleh model 3D kurang setuju jika dikatakan mendekati ekspresi model peraga, 28 % menyatakan setuju, 18 % tidak setuju, 13 % sangat tidak setuju dan hanya 5 % menyatakan sangat setuju. Untuk ekspresi senang diilustrasikan dengan gerakan tersenyum, dengan hasil kuisioner seperti pada gambar 4.33.



Gambar 4.33 Data Kuisioner *Direct Retargeting* Ekspresi Tersenyum

Ekspresi tersenyum yang didapatkan dari hasil kuisioner responden menyatakan 38 % kurang setuju, 30% setuju, 21 % tidak setuju, 8 % sangat tidak setuju dan hanya 1 % menyatakan setuju bahwa ekspresi yang dikeluarkan mengikuti gerakan ekspresi peraga.



Gambar 4.34 Data Kuisioner *Direct Retargeting* Ekspresi Takut

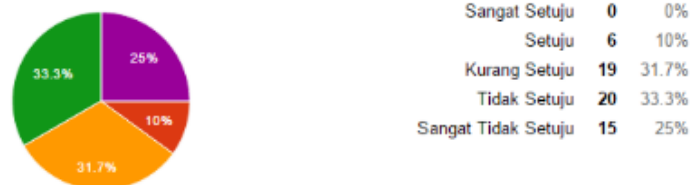
Ekspresi takut yang didapatkan dari hasil kuisioner responden menyatakan 27 % kurang setuju, 20% tidak setuju, 7 % sangat tidak setuju, 5 % setuju dan tidak satupun menyatakan sangat setuju bahwa ekspresi yang dikeluarkan mengikuti gerakan ekspresi peraga.



Gambar 4.35 Data Kuisioner *Direct Retargeting* Ekspresi Marah

Respon yang diperoleh untuk ekspresi marah menunjukkan paling banyak menyatakan tidak setuju jika model dikatakan terlihat berekspresi seperti model peraga, dinyatakan dengan hasil responden yakni 35% menyatakan tidak setuju dengan ekspresi yang dimunculkan.

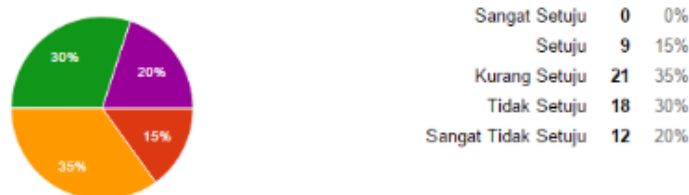
05. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Jijik"?



Gambar 4.36 Data Kuisisioner *Direct Retargeting* Ekspresi Jijik

Ekspresi jijik menunjukkan bahwa *direct retargeting* juga tidak menunjukkan hasil yang sesuai. Dari data responden juga menyatakan paling banyak 33.3% tidak setuju jika karakter dikatakan berekspresi jijik seperti model peraga. Hanya 10 % menyatakan model 3D berekspresi jijik.

06. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Sedih"?



Gambar 4.37 Data Kuisisioner *Direct Retargeting* Ekspresi Sedih

Data menunjukkan 35% kurang setuju pada ekspresi sedih. Ekspresi yang dikeluarkan kurang memperlihatkan seperti pada gerakan yang dimunculkan oleh model peraga. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa ekspresi yang dimunculkan oleh *direct retargeting* kurang bisa mengikuti ekspresi model peraga. Menunjukkan persentase kurang setuju dengan nilai rata-rata sebanyak 51,94 %.

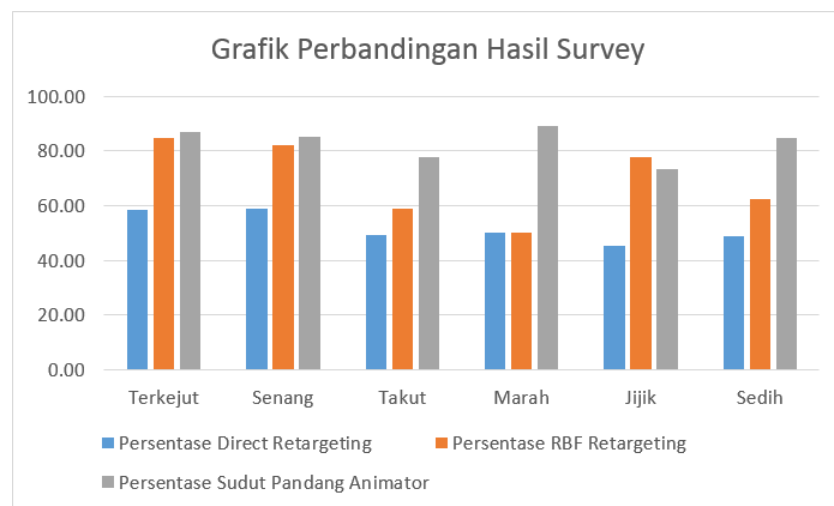
4.8.2 Hasil Survey RBF *Retargeting* dan Animator

Hasil pengamatan yang diperoleh dari data kuisisioner menyatakan untuk ekspresi yang dimunculkan oleh RBF *retargeting* sebanyak 69,33 %, menunjukkan bahwa rata-rata ekspresi yang dimunculkan dari RBF *retargeting* lebih terlihat dari pada *direct retargeting* yang hanya memiliki nilai sebanyak 51,94 %. Untuk ekspresi yang dibuat dengan sudut pandang illustrator atau animator menunjukkan nilai yang lebih besar yakni 82,82 %. Ekspresi yang ditimbulkan oleh *retargeting*

dengan bantuan illustrator atau animator dapat terlihat lebih jelas karena ekspresi dibuat secara manual seperti yang terlihat pada data tabel 23 dan gambar 4.38

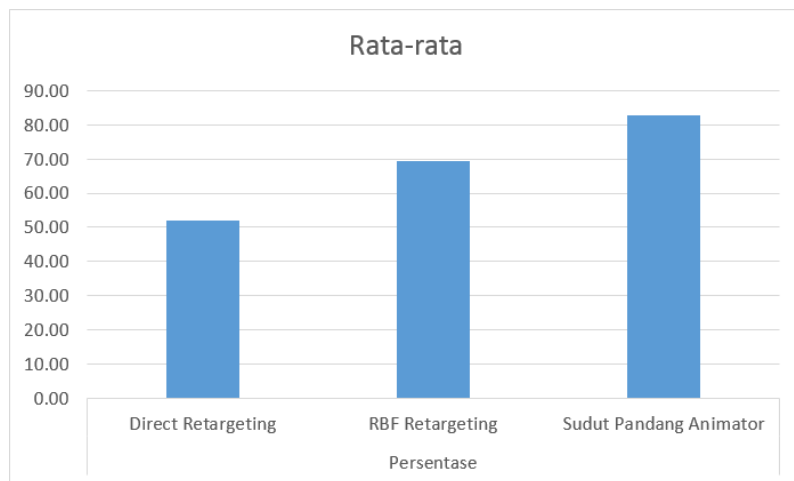
Tabel 23 Data Kuisisioner

Ekspresi	Persentase		
	<i>Direct Retargeting</i>	<i>RBF Retargeting</i>	Sudut Pandang Animator
Terkejut	58.67	84.67	87.12
Senang	59.00	82.00	85.08
Takut	49.33	59.00	77.63
Marah	50.33	50.33	89.15
Jijik	45.33	77.67	73.22
Sedih	49.00	62.33	84.75
Rata-rata	51.94	69.33	82.82



Gambar 4.38 Grafik Hasil Kuisisioner

Data yang didapatkan dari kuisisioner dibuat rata-rata bahwa ekspresi yang dimunculkan memperlihatkan ekspresi hasil *direct retargeting* dan *RBF retargeting* memiliki perbedaan terutama pada sudut pandang animator. Data persentase seperti pada gambar 4.39. Penelitian yang dilakukan adalah membandingkan hasil retargeting dengan cara *direct* dan *RBF*, dengan hasil yang lebih mendekati gerakan model peraga. Dari hasil yang didapat *RBF retargeting* lebih mendekati ekspresi yang diperagakan oleh model.



Gambar 4.39 Data Keseluruhan Hasil Kuisioner

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan adalah dengan menggunakan teknik *Weight paint*, dengan teknik ini yang perlu dilakukan hanya pada pengolahan data *motion capture*. Hasil yang didapatkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, mendapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Proses persiapan karakter yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah karakter original. Proses rigging adalah menggunakan teknik *Weightpaint* yang memudahkan proses persiapan karakter. *Rigging* dengan teknik *Weightpaint* sangat sederhana karena hanya memerlukan waktu yang singkat dalam memasang *Bone* pada karakter karena didukung dengan sistem *armature deform* yang secara otomatis *bone* terhubung pada *Mesh model*.
2. Berdasarkan hasil yang didapatkan, proses gerakan ekspresi wajah model karakter 3D melalui retargeting dengan metode RBF memberikan ekspresi karakter yang mengikuti gerakan peraga dan mendekati ekspresi yang sama dengan peraga. Ukuran wajah yang berbeda antara fitur point *motion capture data* dengan fitur point pada wajah model “Mipo” tetap menghasilkan ekspresi yang natural pada model 3D “Mipo”.
3. Proses yang dipakai pada metode ini juga linier, sehingga tidak membutuhkan komputasi yang rumit. Dengan mengikuti proses yang sederhana yaitu penggabungan bone dengan mesh model, pemetaan point fitur *motion capture data* dengan menggunakan metode *Radial Basis Function* yang telah disesuaikan dengan model. *Retargeting* pada karakter 3D dan hasil dari pemetaan data RBF dapat diterapkan.
4. RBF merupakan solusi fleksibel untuk membangun animasi wajah yang realistis sesuai dengan gerakan peraga dan bergantung pada kebutuhan untuk mengendalikan *bone system*, *blendshape weight*, atau parameter lain dan dapat melatih sistem untuk keperluan animasi tertentu.

5. Data yang dihasilkan dari penelitian ini dikuisionerkan untuk mengetahui hasil yang diperoleh dari sudut pandang masyarakat tentang ekspresi yang dihasilkan melalui *direct retargeting*, *RBF retargeting* dan Hasil Animator. Jika dibandingkan ekspresi yang muncul lebih terlihat jika retargeting dilakukan melalui metode RBF dengan nilai 69,33 % dibanding dengan *direct retargeting* dengan persentase 51,94 %.

5.2 Saran

Metode yang digunakan pada penelitian memberikan kemudahan dalam pembuatan animasi 3D, terutama pada animasi ekspresi wajah. Namun pada dasarnya penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut mengenai penentuan fitur-fitur tambahan, perlu dilakukan untuk membuat gerakan lebih halus dan benar-benar seperti aslinya. Beberapa penentuan fitur yang memungkinkan untuk dapat dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Memasang data titik fitur ke obyek karakter 3D perlu dilakukan untuk memastikan keakuratan ekspresi lebih jauh.
2. Perlunya dilakukan percobaan untuk model karakter wajah yang lebih ekstrim seperti mata berbentuk segi empat, bibir yang berbentuk tidak wajar, atau pada model benda mati untuk menguji kemampuan dari metode yang digunakan.
3. Penerapan metode yang sama dengan model yang berbeda bentuk dan ukuran dengan ekspresi yang dibuat berlebihan. Dan dapat berekspresi melebihi manusia normal.

DAFTAR PUSTAKA

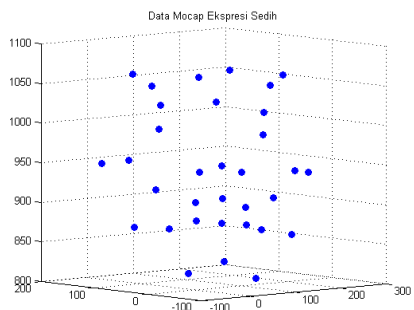
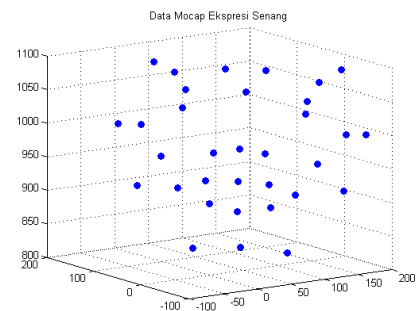
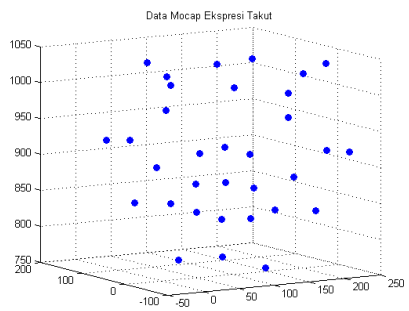
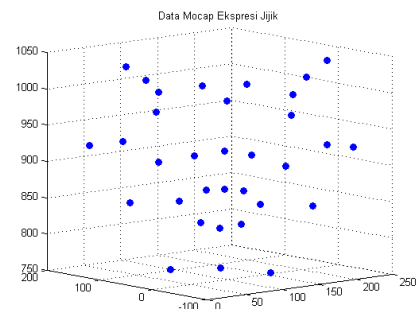
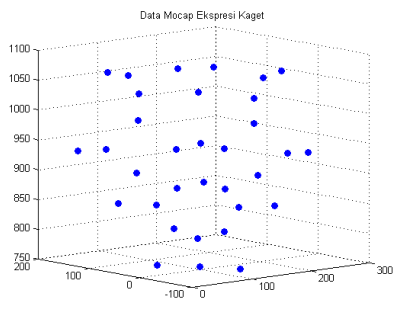
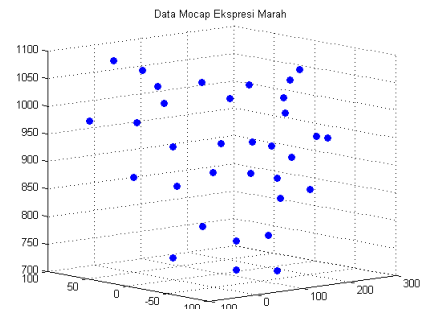
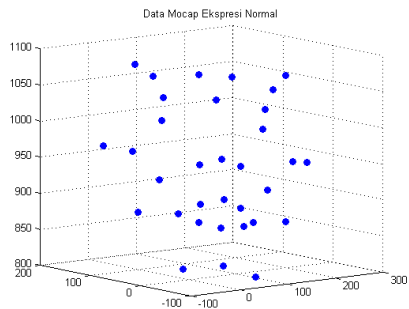
- [1] Shingade, A and Archana G. (2014), "**Animation of 3D Human Model Using Markerless Motion Capture Applied To Sports**", International Journal of Computer Graphics & Animation (IJCGA) Vol.4, No.1
- [2] Brennan, Susan E. (2008), "**Caricature Generator: The Dynamic Exaggeration of Faces by Computer**", The MIT Press.
- [3] Daniel S. Messinger, Eileen Oberwelland, Whitney Mattson, Naomi Ekas (2011), "**Facial Expression Learning**". University of Miami, USA.
- [4] Weld, daniel. (1990), "**Exaggeration**". Artificial Intelligence 43. Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland)
- [5] Wardani, S.K. (2013), "**Penerapan Prinsip Animasi Exaggeration Pada Film Kartun 2d "Crayon"**". Amikom : Yogyakarta
- [6] Sharma, Ashish, Mukesh Agarwal, Anima Sharma, Pankhuri Dhuria. (2013), "**Motion Capture Process, Techniques And Applications**", International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication ISSN 2321 – 8169 Volume: 1 Issue: 4 251 – 257
- [7] Pantic, M., & Patras, I., (2006), "**Dynamics of Facial Expression: Recognition of Facial Actions and Their Temporal Segments From Face Profile Image Sequences**". *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics — Part B: Cybernetics*, Vol. 36, No. 2.
- [8] Allan and Barbarra Pease, 2004, "**Body Language**". Pease International : Australia.
- [9] Mehrabian, A., 1968. "**Communication Without Words**", Psych. Today, vol. 2, no. 4, hal. 53–56.
- [10] D. Keltner and P. Ekman, 2000 "**Facial Expression Of Emotion**", in Handbook of Emotions, M. Lewis and J. M. Haviland-Jones, Eds. New York: Guilford, hal. 212.
- [11] B.J.C. Baxter, 1992, "**The Interpolation Theory Of Radial Basis Functions**", A dissertation presented in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Cambridge University. Hal. 6.

- [12] C. Piret, 2007, “**Analytical and Numerical Advances in Radial Basis Functions**”, University of Colorado at Boulder, hal. 3-5.
- [13] Mark J. L. Orr, 1996, “**Introduction to Radial Basis Function Networks**”, University of Edinburgh, Edinburgh EH8 9LW, Scotland. Hal. 4-6.
- [14] Sarra Scott A. and Edward J. Kansa, 2009, “**Multiquadric Radial Basis Function Approximation Methods for the Numerical Solution of Partial Differential Equations**”, Marshall University and University of California, Davis. www.ScottSarra.org/math/math.html.
- [15] L. Dutreive, A. Meyer, S. Bouakaz, 2007, “**Feature Points Based Facial Animation Retargeting**”, Université de Lyon, LIRIS, France.
- [16] J. Chai, J. Xiao, And J. Hodgins, 2003. “**Vision-Based Control Of 3D Facial Animation**”. In Proc. of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation, ACM Press, 193–206.
- [17] J. Y. Noh, And U. Neumann, 2001, “**Expression Cloning**”. In Proc. of ACM SIGGRAPH’01, 277–288.
- [18] T. Umenhoffer, B. Tóth, 2012, “**Facial Animation Retargeting Framework Using Radial Basis Functions**”, Department of Control Engineering and Information Technology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.

LAMPIRAN

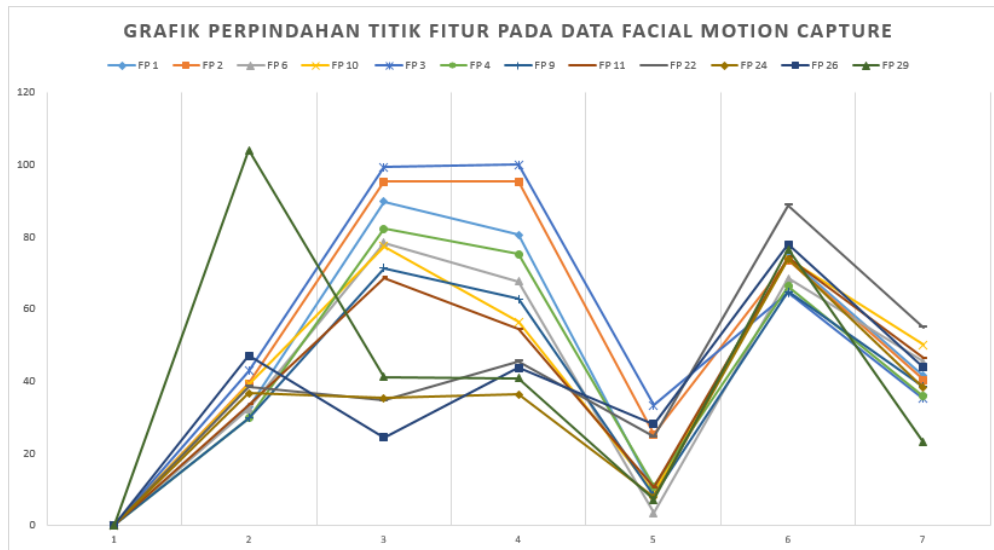
Lampiran I

Plot data *Fitur Point* wajah model peraga



Lampiran 2

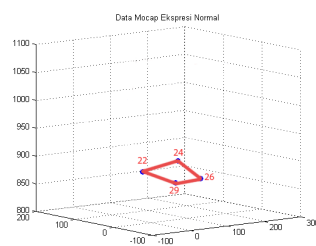
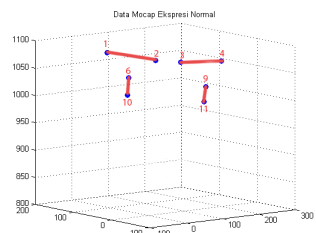
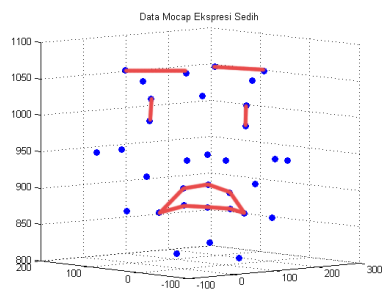
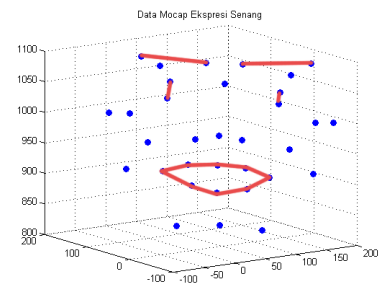
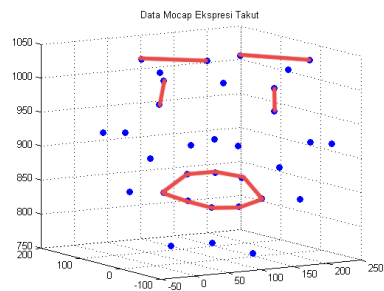
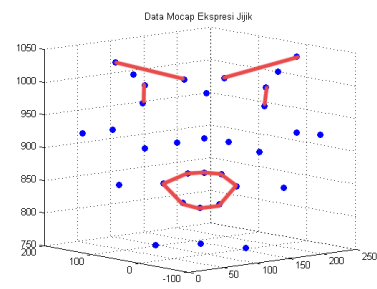
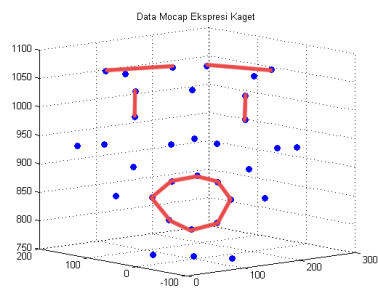
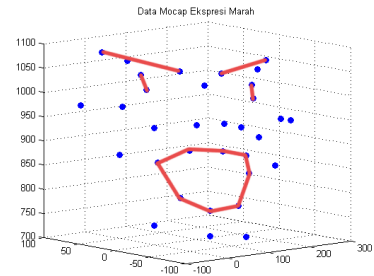
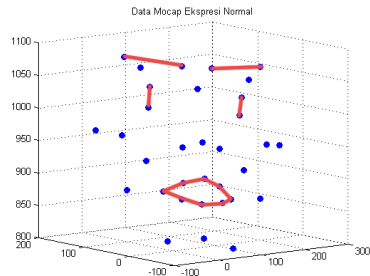
Grafik Perpindahan Fitur Point dan Data Fitur Point Model Peraga.



MANUSIA							
Fitur Point	Diam	Marah	Kaget	Jijik	Takut	Senang	Sedih
1	0	0.593643	0.35255	0.083213	0.043636	0.143511	0.124145
2	0	0.712408	0.425296	0.169632	0.065203	0.175364	0.154809
3	0	0.758375	0.477301	0.214665	0.120748	0.181823	0.148041
4	0	0.658893	0.416861	0.158545	0.142746	0.188993	0.168644
6	0	0.650452	0.382458	0.120653	0.044897	0.150742	0.123597
9	0	0.711531	0.44191	0.167935	0.140144	0.175008	0.161775
10	0	0.656454	0.448086	0.073797	0.091823	0.096292	0.113722
11	0	0.705144	0.478117	0.153035	0.152111	0.186214	0.171892
22	0	0.222863	0.333021	0.196716	0.090804	0.154592	0.058349
24	0	0.514743	0.23598	0.16467	0.122841	0.206416	0.16745
26	0	0.310286	0.319584	0.092877	0.073468	0.205674	0.137765
29	0	0.871388	0.491087	0.084042	0.155849	0.152286	0.153831

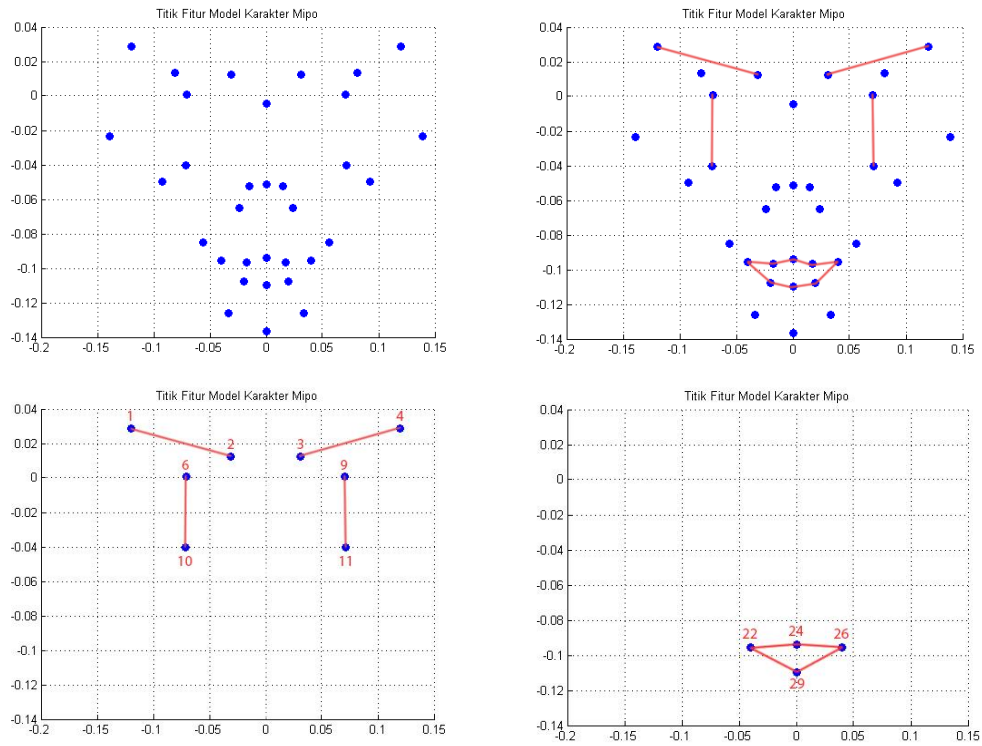
Lampiran 3

Plot Data Fitur Point Wajah Peraga yang Hanya di Ambil pada Area Mata dan Bibir.



Lampiran 4

Plot Data Fitur Point Wajah Model 3D “MIPO”

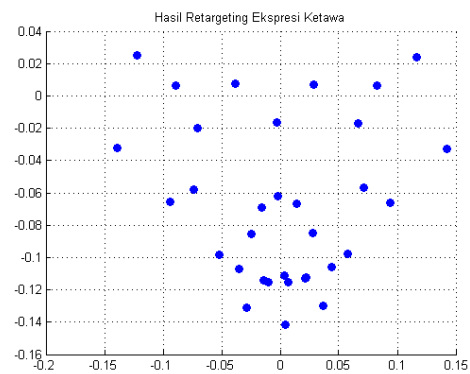
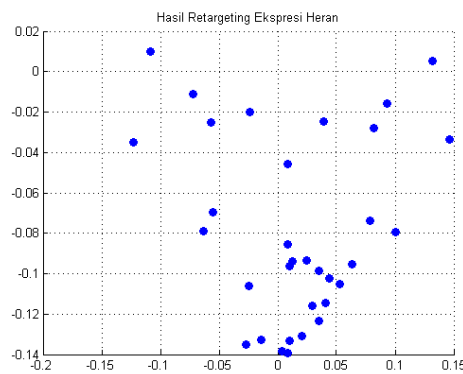
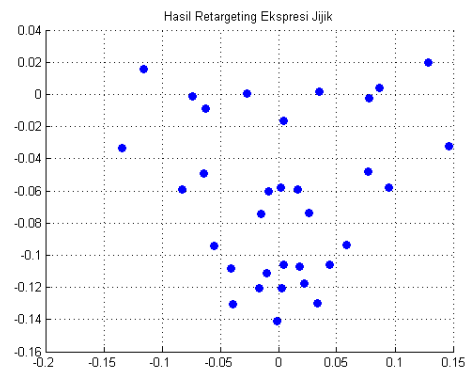
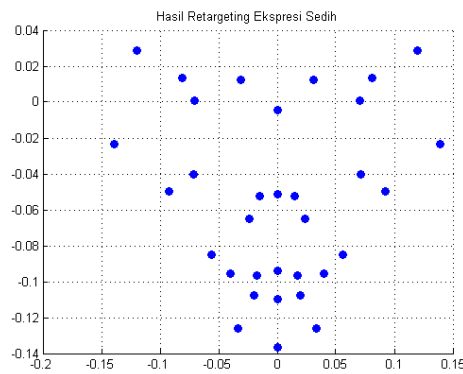
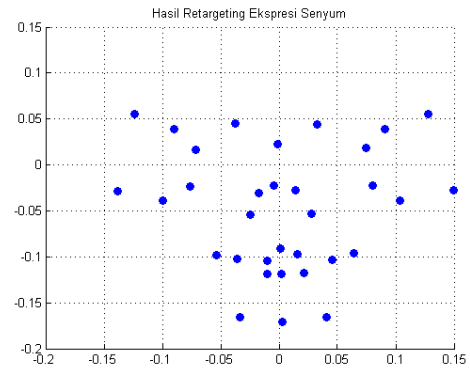
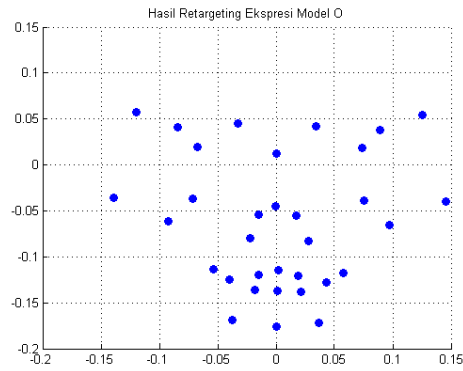


Data Koordinat Fitur Point Ekspresi pada Wajah Model 3D “MIPO”

MODEL 3D "MIPO"							
Fitur Point	Diam	Marah	Kaget	Jijik	Takut	Senang	Sedih
1	0	0.02873	0.046786	0.03153	0.106352	0.139339	0.054785
2	0	0.047532	0.066958	0.052866	0.042563	0.081881	0.056595
3	0	0.043503	0.070279	0.060661	0.035257	0.032249	0.019352
4	0	0.027973	0.04994	0.030981	0.011827	0.03957	0.027173
6	0	0.114805	0.170617	0.161817	0.221053	0.142805	0.073361
9	0	0.129003	0.168804	0.171754	0.139435	0.025538	0.050954
10	0	0.138758	0.199697	0.216539	0.203951	0.077361	0.062329
11	0	0.13966	0.190351	0.210766	0.177766	0.046372	0.06214
22	0	0.179594	0.206171	0.208781	0.178193	0.040723	0.042176
24	0	0.17984	0.220674	0.252393	0.216388	0.037346	0.047426
26	0	0.169751	0.197364	0.210787	0.164539	0.047481	0.049266
29	0	0.204297	0.210492	0.2145	0.19141	0.040005	0.03729

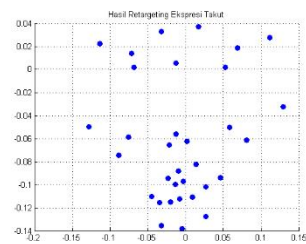
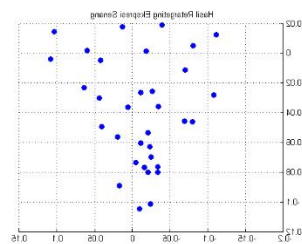
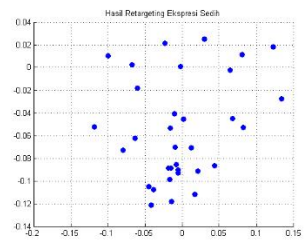
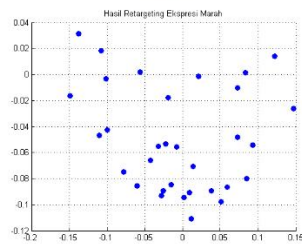
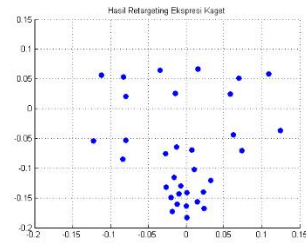
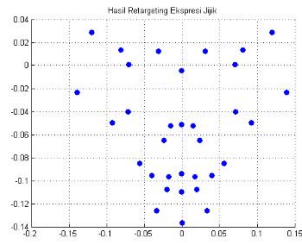
Lampiran 5

Fitur Point Data Demo Optitrack yang diuji pada Fitur Point Wajah Model 3D
“MIPO”



Lampiran 6

Hasil RBF *Retargeting* dari Rekaman Data di Laboratorium terhadap “MIPO”



Lampiran 7

Fitur Point Wajah Peraga pada Area Mata dan Bibir

FP 1			Delta FP1		FP 6			Delta FP6
4.6235	112.768	1081.84	0		11.9059	62.8287	1042.73	0
25.8896	90.8715	1070.31	32.6288924		35.1564	41.8032	1035.17	32.2461005
82.0677	159.753	1058.92	89.6123432		84.6727	102.178	1030.58	78.2179554
33.3898	98.7791	1039.31	80.4481605		44.2975	52.475	1009.25	67.4945471
35.4048	90.179	1036.07	9.40848261		46.9904	54.3361	1009.33	3.27441653
-4.24355	110.167	1095.59	74.2572704		5.71999	57.5577	1063.67	68.3115001
13.2384	126.062	1061.57	41.4201642		19.4802	78.6853	1026.01	45.3210157
FP 2			Delta FP 2		FP 10			Delta FP10
48.1705	26.4867	1076.58	0		8.46322	62.9557	1010.38	0
65.0574	4.07084	1049.11	39.2713518		29	29.799	1008.65	39.0399665
126.003	73.6927	1071.64	95.2321923		72.8227	90.3977	989.532	77.1889202
75.1353	13.0882	1018.77	95.161259		37.2684	47.1179	983.38	56.3479941
86.2746	10.9465	1041.26	25.1887075		38.6649	51.9135	975.79	9.08603828
40.4165	23.8093	1097	73.3168777		-0.36685	55.406	1038.51	73.955886
54.7792	38.4327	1062.45	40.1725463		14.3299	77.7919	996.464	49.8496635
FP 1			Delta FP1		FP 6			Delta FP6
4.6235	112.768	1081.84	0		11.9059	62.8287	1042.73	0
25.8896	90.8715	1070.31	32.6288924		35.1564	41.8032	1035.17	32.2461005
82.0677	159.753	1058.92	89.6123432		84.6727	102.178	1030.58	78.2179554
33.3898	98.7791	1039.31	80.4481605		44.2975	52.475	1009.25	67.4945471
35.4048	90.179	1036.07	9.40848261		46.9904	54.3361	1009.33	3.27441653
-4.24355	110.167	1095.59	74.2572704		5.71999	57.5577	1063.67	68.3115001
13.2384	126.062	1061.57	41.4201642		19.4802	78.6853	1026.01	45.3210157
FP 2			Delta FP 2		FP 10			Delta FP10
48.1705	26.4867	1076.58	0		8.46322	62.9557	1010.38	0
65.0574	4.07084	1049.11	39.2713518		29	29.799	1008.65	39.0399665
126.003	73.6927	1071.64	95.2321923		72.8227	90.3977	989.532	77.1889202
75.1353	13.0882	1018.77	95.161259		37.2684	47.1179	983.38	56.3479941
86.2746	10.9465	1041.26	25.1887075		38.6649	51.9135	975.79	9.08603828
40.4165	23.8093	1097	73.3168777		-0.36685	55.406	1038.51	73.955886
54.7792	38.4327	1062.45	40.1725463		14.3299	77.7919	996.464	49.8496635
FP 3			Delta FP3		FP 9			Delta FP9
87.7279	-1.25663	1074.07	0		133.446	-24.7011	1028.73	0
107.392	-30.418	1049.79	42.7385158		154.676	-44.8872	1024.69	29.5721682
163.679	47.7889	1073.62	99.2593294		200.137	9.93288	1021.84	71.2745831
112.747	-18.811	1019.42	99.8361423		162.381	-35.5504	1000.82	62.7382236
124.191	-7.90592	1048.6	33.1867188		163.415	-27.4022	1000.15	8.24082637
79.7886	-5.63114	1095.19	64.4001231		121.232	-33.0155	1048.81	64.6429441
94.6997	15.4306	1071.59	34.9699556		134.812	-13.8732	1018.44	38.3820394
FP 4			Delta FP4		FP 11			Delta FP11
187.004	-13.7456	1069.76	0		131.096	-22.4923	1000.76	0
208.579	-33.9643	1067.31	29.6694954		147.139	-51.6677	999.992	33.3042285
261.451	28.0221	1056.88	82.1373671		190.36	-0.96478	983.593	68.6131805
214.12	-27.694	1040	75.0296059		156.137	-42.2276	974.699	54.3409386
220.493	-20.4393	1035.43	10.6831971		159.268	-35.2455	967.648	10.4052622
177.793	-24.7069	1085.86	66.2169715		119.497	-33.3538	1030.23	74.1742387
190.799	-1.98444	1061.51	35.7545623		132.086	-14.7027	989.797	46.2728208

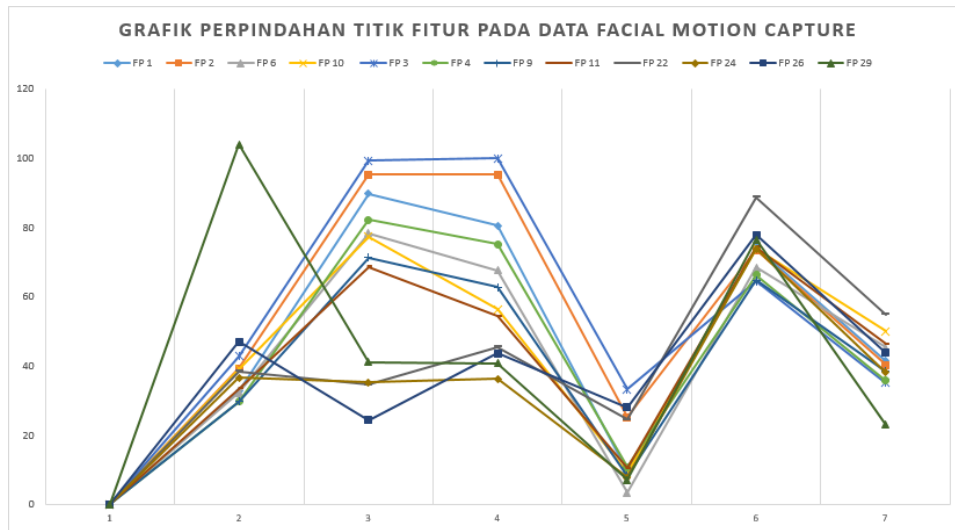
Lampiran 8

Fitur Point Wajah “MIPO” pada Area Mata dan Bibir

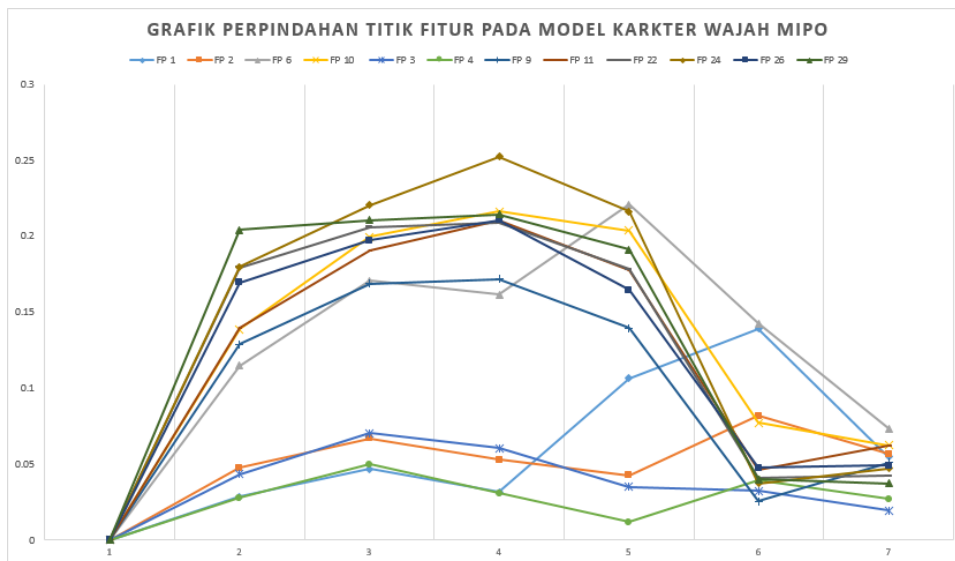
FP 1			Delta FP1		FP 6			Delta FP6
-0.10926	0.036155	0.061872	0		-0.07143	0.004553	0.210912	0
-0.13744	0.031214	0.059343	0.02873		-0.10151	-0.00317	0.100388	0.114805
-0.11193	0.055933	0.08979	0.046786		-0.07904	0.020418	0.267866	0.170617
-0.1195	0.02894	0.07536	0.03153		-0.07049	0.000557	0.1075	0.161817
-0.11331	0.022394	0.18133	0.106352		-0.06807	0.001729	0.328536	0.221053
-0.11113	0.012507	0.042359	0.139339		-0.06972	-0.01145	0.18635	0.142805
-0.09959	0.010116	0.095862	0.054785		-0.06018	-0.01808	0.258783	0.073361
FP 2			Delta FP 2		FP 10			Delta FP10
-0.0342	0.04199	-0.00302	0		-0.0716	-0.04462	0.253273	0
-0.05587	0.001642	0.009705	0.047532		-0.09936	-0.04262	0.117336	0.138758
-0.03399	0.064897	0.007848	0.066958		-0.0798	-0.05307	0.315797	0.199697
-0.03126	0.01226	0.01194	0.052866		-0.07176	-0.04003	0.0998	0.216539
-0.03218	0.032753	0.049233	0.042563		-0.07577	-0.05861	0.302864	0.203951
-0.03914	0.01882	-0.03115	0.081881		-0.06877	-0.04586	0.226883	0.077361
-0.0226	0.021092	0.022923	0.056595		-0.06323	-0.06214	0.286791	0.062329
FP 3			Delta FP3		FP 9			Delta FP9
0.020047	0.041421	-0.00093	0		0.056431	0.009188	0.239109	0
0.021057	-0.00152	0.005989	0.043503		0.072593	-0.01052	0.112649	0.129003
0.015999	0.066756	-0.0099	0.070279		0.058071	0.024752	0.277088	0.168804
0.03126	0.01226	0.01194	0.060661		0.07049	0.000557	0.1075	0.171754
0.017314	0.037288	-0.00861	0.035257		0.052883	0.001958	0.245811	0.139435
0.01361	0.017673	-0.03394	0.032249		0.04214	-0.00474	0.223632	0.025538
0.030385	0.025069	-0.02774	0.019352		0.064955	-0.00245	0.269136	0.050954
FP 4			Delta FP4		FP 11			Delta FP11
0.111951	0.036163	0.070872	0		0.059025	-0.0345	0.258619	0
0.121936	0.014033	0.056976	0.027973		0.07319	-0.04797	0.120334	0.13966
0.108886	0.058015	0.076706	0.04994		0.062228	-0.04361	0.31032	0.190351
0.1195	0.02894	0.07536	0.030981		0.07176	-0.04003	0.0998	0.210766
0.111486	0.027722	0.083972	0.011827		0.058345	-0.05016	0.276769	0.177766
0.10381	0.014321	0.04754	0.03957		0.044205	-0.0301	0.237428	0.046372
0.123088	0.018183	0.066297	0.027173		0.067862	-0.04494	0.292938	0.06214
FP 22			Delta FP22		FP 26			Delta FP26
-0.02721	-0.11705	0.289554	0		0.020712	-0.10419	0.29027	0
-0.06014	-0.08562	0.115825	0.179593511		0.059191	-0.08654	0.125883	0.169751177
-0.02001	-0.14935	0.307749	0.206170988		0.02284	-0.14024	0.31229	0.197364084
-0.03972	-0.09549	0.107	0.208781197		0.03972	-0.09549	0.107	0.210786527
-0.03396	-0.11552	0.28397	0.178193244		0.026957	-0.10209	0.27091	0.164538803
-0.03309	-0.07999	0.264092	0.040723441		0.019409	-0.05619	0.280455	0.047480723
-0.03802	-0.1075	0.295676	0.042175518		0.021494	-0.09121	0.315041	0.049266045
FP 24			Delta FP 24		FP 29			Delta FP 29
-0.01629	-0.08551	0.332701	0		-0.01079	-0.12256	0.320159	0
-0.01455	-0.08462	0.152871	0.179840339		0.009248	-0.09059	0.119376	0.20429737
-0.00681	-0.13007	0.368675	0.220673752		0.000446	-0.16371	0.316562	0.210491565
-3.3E-16	-0.09376	0.119	0.252393108		-1.2E-16	-0.1096	0.109	0.214500273
-0.00936	-0.08837	0.335118	0.216387915		-0.00756	-0.11249	0.300239	0.191409866
-0.02046	-0.05332	0.328575	0.037345648		-0.01565	-0.07688	0.31658	0.040004644
-0.00957	-0.07029	0.371501	0.047426471		-0.01454	-0.08864	0.351948	0.037290305

Lampiran 9

Grafik Perpindahan Fitur Point Wajah Model Peraga



Grafik Perpindahan Fitur Point Wajah Model 3D “MIPO”

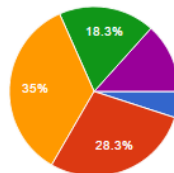


Lampiran 10

Kuisisioner Pendapat Responden Terhadap Ekspresi yang Muncul dari Proses Retargeting Mocap Data dengan Wajah “MIPO”

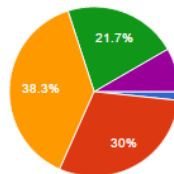
Direct Retargeting

01. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "terkejut"?



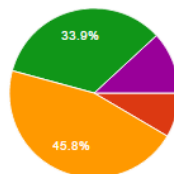
Sangat Setuju	3	5%
Setuju	17	28.3%
Kurang Setuju	21	35%
Tidak Setuju	11	18.3%
Sangat Tidak Setuju	8	13.3%

02. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "tersenyum"?



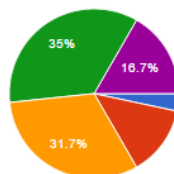
Sangat Setuju	1	1.7%
Setuju	18	30%
Kurang Setuju	23	38.3%
Tidak Setuju	13	21.7%
Sangat Tidak Setuju	5	8.3%

03. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Takut"?



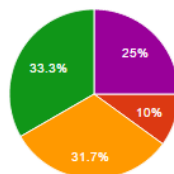
Sangat Setuju	0	0%
Setuju	5	8.5%
Kurang Setuju	27	45.8%
Tidak Setuju	20	33.9%
Sangat Tidak Setuju	7	11.9%

04. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Marah"?



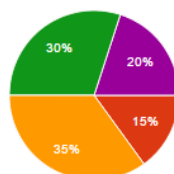
Sangat Setuju	2	3.3%
Setuju	8	13.3%
Kurang Setuju	19	31.7%
Tidak Setuju	21	35%
Sangat Tidak Setuju	10	16.7%

05. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Jijik"?



Sangat Setuju	0	0%
Setuju	6	10%
Kurang Setuju	19	31.7%
Tidak Setuju	20	33.3%
Sangat Tidak Setuju	15	25%

06. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Sedih"?



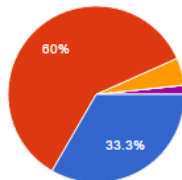
Sangat Setuju	0	0%
Setuju	9	15%
Kurang Setuju	21	35%
Tidak Setuju	18	30%
Sangat Tidak Setuju	12	20%

Lampiran 11

Kuisisioner Pendapat Responden Terhadap Ekspresi yang Muncul dari Proses Retargeting Mocap Data dengan Wajah “MIPO”

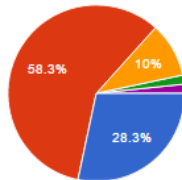
RBF Retargeting

01. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "terkejut"?



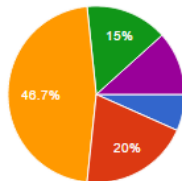
Sangat Setuju	20	33.3%
Setuju	36	60%
Kurang Setuju	3	5%
Tidak Setuju	0	0%
Sangat Tidak Setuju	1	1.7%

02. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "tersenyum"?



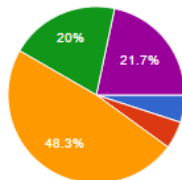
Sangat Setuju	17	28.3%
Setuju	35	58.3%
Kurang Setuju	6	10%
Tidak Setuju	1	1.7%
Sangat Tidak Setuju	1	1.7%

03. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Takut"?



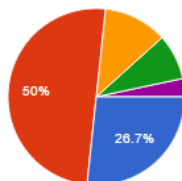
Sangat Setuju	4	6.7%
Setuju	12	20%
Kurang Setuju	28	46.7%
Tidak Setuju	9	15%
Sangat Tidak Setuju	7	11.7%

04. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Marah"?



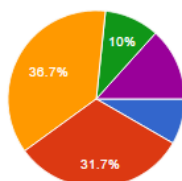
Sangat Setuju	3	5%
Setuju	3	5%
Kurang Setuju	29	48.3%
Tidak Setuju	12	20%
Sangat Tidak Setuju	13	21.7%

05. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Jijik"?



Sangat Setuju	16	26.7%
Setuju	30	50%
Kurang Setuju	7	11.7%
Tidak Setuju	5	8.3%
Sangat Tidak Setuju	2	3.3%

06. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Sedih"?



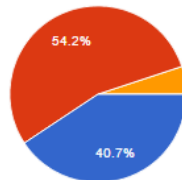
Sangat Setuju	5	8.3%
Setuju	19	31.7%
Kurang Setuju	22	36.7%
Tidak Setuju	6	10%
Sangat Tidak Setuju	8	13.3%

Lampiran 12

Kuisisioner Pendapat Responden Terhadap Ekspresi yang Muncul dari Proses Retargeting Mocap Data dengan Wajah “MIPO”

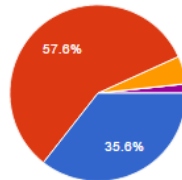
Sudut Pandang Animator/Illustrator

01. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "terkejut"?



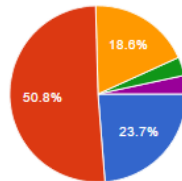
Sangat Setuju	24	40.7%
Setuju	32	54.2%
Kurang Setuju	3	5.1%
Tidak Setuju	0	0%
Sangat Tidak Setuju	0	0%

02. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "tersenyum"??



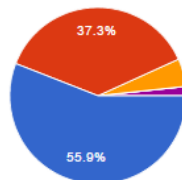
Sangat Setuju	21	35.6%
Setuju	34	57.6%
Kurang Setuju	3	5.1%
Tidak Setuju	0	0%
Sangat Tidak Setuju	1	1.7%

03. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Takut"?



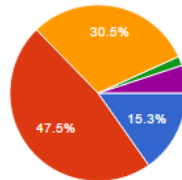
Sangat Setuju	14	23.7%
Setuju	30	50.8%
Kurang Setuju	11	18.6%
Tidak Setuju	2	3.4%
Sangat Tidak Setuju	2	3.4%

04. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Marah"?



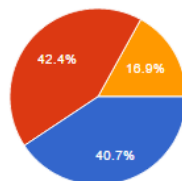
Sangat Setuju	33	55.9%
Setuju	22	37.3%
Kurang Setuju	3	5.1%
Tidak Setuju	0	0%
Sangat Tidak Setuju	1	1.7%

05. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Jijik"?



Sangat Setuju	9	15.3%
Setuju	28	47.5%
Kurang Setuju	18	30.5%
Tidak Setuju	1	1.7%
Sangat Tidak Setuju	3	5.1%

06. Menurut anda apakah gambar wajah karakter dibawah ini terlihat "Sedih"?



Sangat Setuju	24	40.7%
Setuju	25	42.4%
Kurang Setuju	10	16.9%
Tidak Setuju	0	0%
Sangat Tidak Setuju	0	0%

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Nasrulloh, lahir di Jombang, 25 Juni 1987. Mengenyam pendidikan dasar di MI Nurul Huda Tanjung Anom, Jombang selama 2 tahun, dengan melanjutkan 4 tahun masa pendidikan MI di sekolah lain yaitu MI Nurul Iman Dempok, Jombang. Setelah selesai melanjutkan ke SMP A Wahid Hasyim Tebuireng, Jombang. dan SMU A Wahid Hasyim Tebuireng, Jombang. Tahun 2005 menempuh pendidikan D1 Desain Produk Industri atau yang disebut PRODES Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan lulus pada tahun 2006, yang setelah itu dilanjutkan kembali ke tahap Sarjana di Jurusan Desain Produk Industri ITS dengan pendalaman masa kuliah dan lulus pada tahun 2012. Dengan diiringi keinginan penulis untuk mengenyam pendidikan dan menjadi pengajar di lingkup Perguruan Tinggi, penulis meneruskan pendidikan Magister pada tahun 2012 di Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya dengan bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia, dalam bidang ini penulis mempelajari bidang keahlian Teknologi Permainan dan menyelesaikannya pada tahun 2015.

Contact person :

Telpon : 0812-34930855

Email : nazh.rull@gmail.com

“Time is Ticking”